

CoINI 2019

XIIº Congreso de Ingeniería Industrial

Gestión de la Calidad

Calidad Ambiental

Higiene y Seguridad Industrial

**Responsabilidad Social
Empresaria**



CSINI 2019
XIIº CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Gestión de la Calidad

Calidad Ambiental

Higiene y Seguridad Industrial

Responsabilidad Social Empresaria

The logo for CoINI 2019 features the word 'CoINI' in a bold, black, sans-serif font. Above the 'i' in 'CoINI', there is a stylized graphic consisting of a horizontal line with a green circle on the left and an orange circle on the right. To the right of 'CoINI', the year '2019' is displayed in a large, bold, sans-serif font, with '20' in green and '19' in orange.

CoINI 2019

XII° CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL SANTA CRUZ**



COMITÉ DE HONOR

PRESIDENTE HONORARIO

*Ing. Héctor Aiassa
Rector de la Universidad Tecnológica Nacional*

VICE - PRESIDENTE HONORARIO

*Lic. Sebastián Puig
Decano de la Facultad Regional Santa Cruz*

COMITÉ ORGANIZADOR

COORDINACIÓN GENERAL

*Dr. Ing. Ind. Ruben Mario Lurbé
Esp. Arq. Miguel Risetto
Lic. María Eva Balcazar
Ing. Ind. Alejandro Aroca Babich*

COMITÉ CIENTÍFICO Y DE PUBLICACIONES

*Dr. Ing. Mario Lurbe
Mg. Ing. Iván Barón
Esp. Arq. Miguel A. Risetto
Dr. Leandro M. Sokolovsky
Mg. Carlos Alberto Vacca
Mg. Ing. Alejandro Mohamad*

EVALUACIONES

*Director General Mg. Ing. Iván Barón
Coordinación General Ing. Juan Sáenz*

COORDINADORES POR ÁREA TEMÁTICA:

*Mg. Ing. Edgardo Boschín
Ing. Jesica Romero
Mg. Ing. Ariel Morbidelli
Ing. Bruno Romani
Esp. Arq. Miguel A. Risetto
Ing. Lucas Pietrelli
Esp. Ing. Ángel Quiles*

EVALUADORES COINI 2019

*Ing. Manuela Mercedes Pendón | Dr. Ing. Caracciolo, Néstor | Ing. Fernando Javier Orozco
Ing. Senn, Jorge | Ing. Jaureguiberry Mario Ernesto | Ing. María De Los Ángeles Puente
Dr. Ing. Serra Diego Gastón | Ing. Laguto Sebastián | Lic. Gallegos María Laura
Lic. Herrería, Elisabeth Ruth | Ing. Cruz Eugenio Ruben | Ing. Cariello Jorgelina Lucia
Ing. Rezzonico Ricardo | Ing. Dos Reis María Rosa | Ing. Walas Mateo, Federico
Lic. Cinalli Marcelo Fernando | Ing. Carrizo Blanca Rosa | Dr. Ing. Michalus Juan Carlos
Ing. Zárate Claudia Noemí | Ing. Toncovich, Adrián Andrés | Ing. Esteban Alejandra María
Ing. Rohvein Claudia | Dr. Ing. Viel Jorge Eduardo | Dr. Ing. Adolfo Eduardo Onaine
Dr. Ing. Salazar Arrieta Fernando | Ing. Urrutia Silvia Beatriz | Lic. Martinez Llana, Daniel Jorge Placido
C.P. Bruno, Carolina | Ing. Marcos, Carlos Eduardo | Lic. Blanc, Rafael Lujan
Ing. Morcela, Oscar Antonio | Ing. Corvalan, Soraya | Dr. Ing. Rossetti, German
Lic. Prof. Esteves Ivanishevich María José | Ing. Franco Chiodi | Lic. Noelia Vanesa Morrongiello
Lic. Roseti, Laura Patricia | Ing. Jauré María Florencia | Ing. D'Onofrio María Victoria
Dr. Ing. Fracaro, Anahí Catalina | Dr. Ing. Ferreyra Diego Martín | Dr. Lic. Artola, Eugenia
Lic. Gómez, Daniela Nora | Ing. Aroca Bavich Alejandro Cruz | Dr. Lic. Mansilla, Graciela Analía
Ing. Erck Isolda Mercedes | Dr. Lic. Artigas María Velia*

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL SANTA CRUZ

*Los Inmigrantes 555
Río Gallegos - Santa Cruz - Argentina*

+54 2966 429173

info@frsc.utn.edu.ar

http://www.frsc.utn.edu.ar

@utn.frsc



COINI 2019 : XII Congreso de Ingeniería Industrial / Daniel Jorge Martínez Llana...
[et al.] ; compilado por Miguel Ángel Risetto ; Rubén Mario Lurbé ; Iván Barón.-
1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2020.
Libro digital, PDF.

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4998-43-9

1. Ingeniería Industrial. 2. Técnicas de Gestión. 3. Control de Calidad. I. Martínez Llana,
Daniel Jorge. II. Risetto, Miguel Ángel, comp. III. Lurbé, Rubén Mario, comp. IV. Barón,
Iván, comp.

CDD 620.007



Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina

Rector: Ing. Héctor Eduardo Aiassa

Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

Secretaria Académica: Ing. Liliana Raquel Cuenca Pletsch

Secretaria Ciencia, Tecnología y Posgrado: Dr. Horacio Leone



Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Cruz

Decano: Lic. Sebastián Puig

Vicedecano: Ing. Pablo Bahamonde



edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional

Coordinador General a cargo: Fernando H. Cejas

Área de edición y publicación en papel: Carlos Busqued

Colección Energías Renovables, Uso Racional de Energía, Ambiente: Dr. Jaime Moragues.

Queda hecho el depósito que marca la Ley Nº 11.723

© edUTecNe, 2020

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ) Buenos Aires, República Argentina

Publicado Argentina – Published in Argentina



ISBN 978-987-4998-43-9



Índice “Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria”

Índice “Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria”	1
“Simulación del efecto Venturi sobre una turbina microhidraulica tipo Gorlov”	2
Estudio comparativo de biomarcadores a partir de crudos provenientes de la Cuenca Austral y del Golfo	8
Aplicación de nuevas tecnologías para el monitoreo de la contaminación química inorgánica y orgánica en la cuenca riachuelo matanza: construcción de indicadores de prevención ambiental.	17
Aplicación de herramientas, como estrategia ambiental, para mejorar la competitividad empresarial.....	28
Tecnologías que promueven la fertilidad de los suelos para la sostenibilidad de los sistemas productivos	39
Difusión y utilización de herramientas de calidad en ambientes técnicos e institucionales.....	45
Eficiencia energética y energías renovables: dos herramientas para contribuir al desarrollo sostenible. El caso de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.	55
Análisis estadístico de vientos de una zona de Bahía Blanca como recurso energético	66
Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo ..	72
Aplicación de Métodos Multicriterio para Selección de Puntos de Análisis de Ruido	76
Calidad de vida de habitantes de pueblos originarios cercanos a las litieras de la Puna salteña.	87
Evaluación de la Producción de Compost en dimensión industrial a partir de RSU domiciliarios en la ciudad de Ushuaia	97
Simulación basada en dinámica de sistemas para la evaluación de sistemas de gestión de envases usados.....	109
Determinación de un Modelo Estándar de Proceso para el aprovechamiento de los Residuos Avícolas en el área del Gran Córdoba	119
Modelo de gestión para la evaluación, control y prevención de	131
patologías en pavimentos urbanos	131
Objetivos de desarrollo sostenible (ODS): una estrategia para mejorar la gestión ambiental de las industrias de la región.	141
Identificación y análisis de las variables clave de proyectos de autogeneración de energía térmica a partir de energía solar para la obtención de agua caliente sanitaria en Argentina	150
Gestión de la Calidad en la industria 4.0.....	160
Implantação de Total Productive Maintenance	172
Survey on thermal comfort in the metal industries.....	183

“Simulación del efecto Venturi sobre una turbina microhidráulica tipo Gorlov”

Fauroux, Luis Enrique¹; Rinaldi, Pablo²; Eterovic, Jorge Esteban¹

⁽¹⁾ Dpto. de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nac. de La Matanza. F. Varela 1905. San Justo, Buenos Aires, Argentina. lfauroux@unlam.edu.ar

⁽²⁾ Dpto. de Cs. Ambientales y Gestión del agua. Universidad Nac. de Los Comechingones. Héroes de Malvinas s/n, Villa de Merlo, San Luis, Argentina.

RESUMEN

La implementación de microturbinas hidráulicas es una alternativa evaluada, por barrios cerrados y/o clubes ribereños, para la obtención de energía limpia, y de bajo costo. Sin embargo, la eficiencia de una turbina flujo es afectada por la turbulencia que se genera a su entrada, la que actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido. La incorporación de una segunda carcasa produciría un efecto Venturi, provocando una depresión aguas abajo, la que se traduce en una succión dentro la turbina, y el consiguiente incremento en la velocidad de paso. El beneficio de esta implementación es una mejor relación costo-beneficio en la producción de energía. La dimensión de la turbina entonces es, indirectamente, una función de la velocidad del curso de agua, y la profundidad de su cauce. Con el objeto de mejorar la eficiencia se plantea el estudio del flujo mediante simulación FEM (Finite Element Method), usando gabinetes exteriores de geometría simple, como caños alcantarilla, tubos rectos, o cónicos, fácilmente adquiribles en mercado, sobre una turbina tipo Gorlov. Los fenómenos en mecánica de fluidos pueden ser descritos mediante las ecuaciones de Navier-Stokes, y las simulaciones serán realizadas en FreeFem++, entorno de desarrollo integrado de alto nivel para resolución de ecuaciones diferenciales mediante elementos finitos, contiene algoritmos de estabilización, generador de malla automatizado, y visualizadores propios.

Palabras Claves: Simulación, Venturi, Microturbinas.

ABSTRACT

The implementation of hydraulic microturbines is an alternative evaluated, by closed neighborhoods and / or riverside clubs, to obtain clean, low-cost energy. However, the efficiency of a turbine flow is affected by the turbulence that is generated at its inlet, which acts as a “plug” effect for fluid entry. The incorporation of a second carcass would produce a Venturi effect, causing a depression downstream, which translates into a suction inside the turbine, and the consequent increase in the speed of passage. The benefit of this implementation is a better cost-benefit ratio in energy production. The size of the turbine is then, indirectly, a function of the speed of the watercourse, and the depth of its channel. In order to improve efficiency, the study of the flow by means of FEM simulation (Finite Element Method) is proposed, using external cabinets of simple geometry, such as sewer pipes, straight pipes, or conical, easily available on the market, on a Gorlov type turbine. Fluid mechanics phenomena can be described using the Navier-Stokes equations, and the simulations will be performed in FreeFem ++, a high-level integrated development environment for solving differential equations using finite elements, it contains stabilization algorithms, automated mesh generator, and own viewers.

1. Introducción

Las turbinas micro hidráulicas son una opción para la obtención de energía limpia, mediante una corriente de agua. Si el curso de agua, sobre el que se colocan, es de régimen permanente o con fluctuaciones dentro de sus especificaciones, entonces serán una fuente continua de electricidad. Se trata de dispositivos simples, de baja potencia. El presente trabajo tomó aquellas de hasta 1 kW. Si bien existen, en el mercado, algunas que alcanzan los 6 kW, éstas tienen un diámetro considerablemente mayor, lo que implica mayor requisito en la profundidad del cauce, restringiendo los posibles beneficiarios.

Las Figura 1 corresponde a una de éstas micro turbinas comerciales, y la Figura 2 muestra cómo se observa en operación.



Fig. 1. Micro Turbina Gorlov

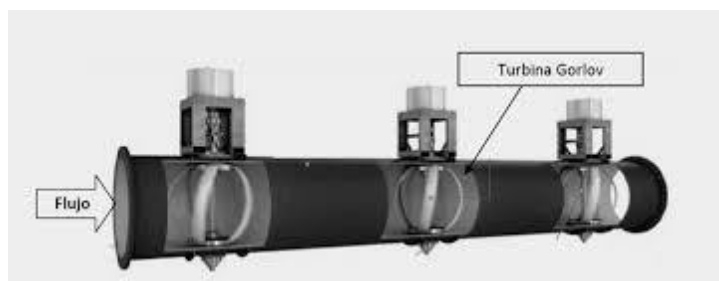


Fig. 2. Opción actual

En la Figura 2, se puede ya a intuir el problema a investigar. Todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia, y el agua fluirá por el camino que menor resistencia oponga. La turbulencia actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido en la turbina, lo que implica que, respecto a la velocidad del flujo de agua, la velocidad dentro de la turbina será sensiblemente menor, y por lo tanto su rendimiento.

Como es de esperar, todo equipo tiene especificaciones técnicas, siendo relevantes para este proyecto sus dimensiones físicas, y la velocidad mínima requerida por parte de la vía fluvial. Las especificaciones de una microturbina como la de la Figura 1, se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Especificaciones de la micro turbina de referencia

1 Datos	2 Parámetros técnicos
generador de potencia nominal	0.6 kW
generador de potencia de salida máximo	12 kW
generador de potencia Real	Re: Curva de potencia Cuadro
objetivo actual velocidad	0.6 m/s-2.5m/s
mínimo ancho de vía fluvial	No menos de 900mm
bajo nivel de agua	No menos de 500mm
la frecuencia y la tensión de salida	50/60Hz monofásico 110 V-220 V*
la capacidad del inversor	monofásico 100V-500VA
peso del cuerpo principal de la turbina y tamaño	37 kg; W800mm x D820mm x H1450mm
voltaje de la batería	48 V
caja de control de potencia de salida	adaptado con 1 o 2
peso de la caja de Control y tamaño	17 kg; W310mm x D455mm x H205mm

2. El Efecto Venturi

La idea del efecto Venturi es una consecuencia del análisis de la problemática, si la turbulencia provoca una interferencia, pues hay que intentar evitarla, o deshacerla. Muchas son las aplicaciones que se le han dado a este efecto, siendo una de ellas la trampa de vacío. Figura 3



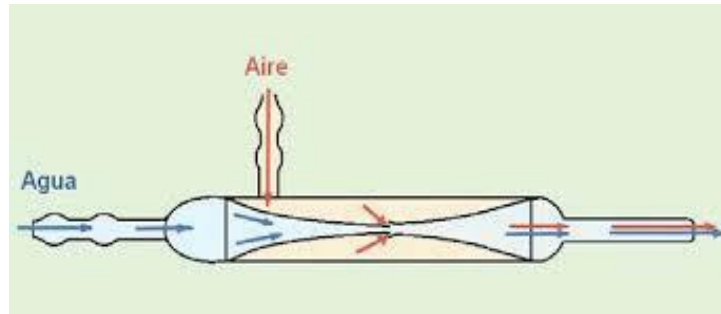


Figura 3 – Trampa de vacío

En una trampa de vacío, la corriente de agua circulante por el tubo central, abierto en el sentido del flujo, genera una pérdida de presión respecto del cuerpo que lo rodea, que a su vez está abierto al medio ambiente.

Análogamente, es posible pensar en una turbina instalada dentro de una nueva carcasa. La función de esta segunda tubuladura, es la de evitar la dispersión del flujo aguas abajo, conduciendo el flujo libre hacia el final de la turbina. El efecto Venturi provoca una depresión aguas abajo, a la salida de la turbina, que se traduce en una succión sobre la entrada, la que disgrega el “tapón”, y conseguiría una mayor velocidad de paso por la turbina. La consecuencia de estos hechos es el aumento de la producción de energía, sabiendo que no podrán sobrepasarse los límites de diseño.

3. Metodología

El objetivo es, en primer término, mejorar la eficiencia de turbinas hidráulicas sumergidas, y montadas en una pieza de geometría simple, mediante la aplicación de este efecto. Para ello se relevó la información correspondiente al diseño de turbinas y la simulación del diseño. A diferencia del montaje tradicional presentado en la Figura 2, se propuso estudiar la factibilidad de utilizar una turbina de eje co-lineal al flujo. Así se encontró una variante diseñada por Tesla, Figura 5

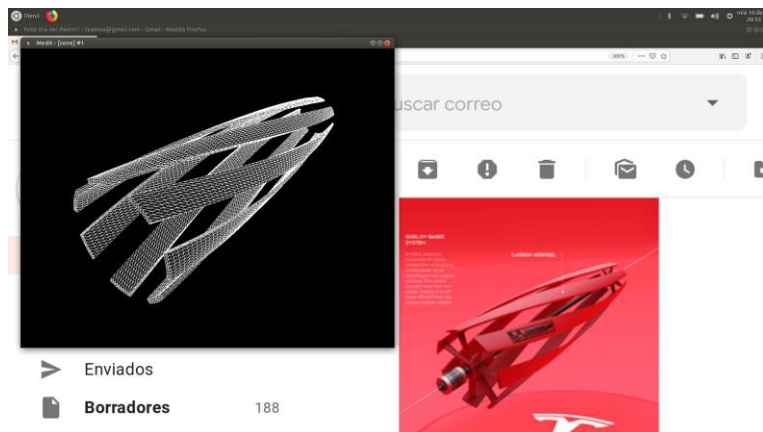


Figura 4 – Variante de turbina analizada

Por lo que el montaje a del caso de estudio está entonces representado por la Figura 5



Figura 5 – Caso de estudio, Caño de alcantarilla y turbina Gorlov horizontal

Las simulaciones se realizarán en FreeFem++, (Open Source software) entorno de desarrollo integrado de alto nivel (IDE), para la resolución numérica de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales (PDE), en 2D y 3D, mediante elementos finitos. La simulación contiene algoritmos de estabilización, generador de malla automatizado (mesh generator), y visualizadores propios. Como

visualizador alternativo externo se utilizó Paraview (OpenSource). Presentamos una estrategia para calcular el movimiento de cuerpos rígidos en un fluido, basado en principios simples. Ilustra cómo se pueden simular fenómenos complejos directamente con el uso de los solvers de freefem++ [2, 5].

Se utilizará un enfoque conforme (en vez del método Euleriano), en donde el dominio ocupado por el fluido está cubierto por un mallado no estructurado, dado que para una microturbina el movimiento del fluido puede seguirse sin grandes deformaciones y de que no se trata de un cuerpo flotante [1, 2]. Se incluirá una estrategia de penalidad basada en término penal L^2 , usado para prescribir un valor (ej. U) para la velocidad dentro de una parte del dominio, simplemente se adiciona un término a la formulación variacional, $\int (v - U) \cdot v$, con v test-function [1]. Suponemos que el dominio Ω (2D o 3D) se llena con un fluido newtoniano de densidad ρ , viscosidad η , viscosidad dinámica ν , estando el proceso gobernado por la ecuación de Navier-Stokes [3, 4] aplicado a un problema de rotación de un cuerpo, O , en torno a un eje sin fricción (en este caso microturbina), como primera etapa de cálculo, se plantearan condiciones de contorno en las que la microturbina (Tesla o Gorlov) representa el obstáculo estático para el fluido dentro de una tubería, esto permitirá evaluar la turbulencia generada por álabes.

$$\nu = \eta/\rho \tag{1}$$

$$v_t + v \cdot \nabla v - \nu \nabla^2 v + \nabla p = a_{ext} \tag{2}$$

$$\nabla \cdot v = 0 \tag{3}$$

Si el flujo es de alta viscosidad dinámica, como por ejemplo gasolina, petróleo o aceite en el modelo anterior el término convectivo puede ser despreciado y se obtiene el flujo de Stokes [3]:

$$v_t - \nu \nabla^2 v + \nabla p = a_{ext} \tag{4}$$

Se busca aplicar esta formulación a un problema de rotación de un cuerpo rígido, O , en este caso la microturbina, que representa un obstáculo que sigue un movimiento newtoniano en torno a un eje sin fricción, esto es,

$$\Omega/O = \Omega/O_{(t)} \tag{5}$$

esto se reduce a una ecuación en la velocidad angular (ω) entorno a un eje (o un punto en el caso 2D). Estas ecuaciones son acopladas a fuerzas hidrodinámicas que ejerce el fluido sobre el sólido. Finalmente la viscosidad impone condiciones de no deslizamiento en el contorno de O (microturbina): la velocidad del lado del fluido es igual a la velocidad del lado rígido. Tratándose de un fluido newtoniano en torno de un proceso dinámico se considerará el tensor de Cauchy (σ) y el de deformación linealmente relacionados, la forma compacta de escribir la relación velocidad de tensión- deformación es mediante la ley de Stokes [3]:

$$\sigma = -pI + 2\eta \nabla^2 v \tag{6}$$

Las condiciones de contorno son las usuales para flujos a través de un obstáculo,

$$v = v_\Gamma \tag{7}$$

en el contorno Γ ; y salida libre de fluido en la cara del lado trasero de la turbina se planteará con condiciones de contorno de Neumann. En este sector se considera de tracción cero, esto es :

$$\sigma \cdot n = -pn + \nu(n \cdot \nabla)v = 0 \tag{8}$$

Por supuesto para los álabes de la turbina se cumple que $\sigma \cdot n \neq 0$. Por ser un objeto móvil en un fluido incompresible la tensión (σ) debe calcularse en cada paso de la simulación. Numéricamente la fuerza normal será

$$F_N = -p + 2\nu \partial v_n / \partial n = 0 \tag{9}$$

con τ vector tangencial, de acuerdo a las condiciones de contorno planteadas para la velocidad $\partial v_\tau / \partial n = 0$, por lo tanto, una fuerza tangencial

$$F_\tau = \nu (\partial v_\tau / \partial n + \partial v_n / \partial \tau) \tag{10}$$

Para tomar en cuenta las fuerzas hidrodinámicas se agregaran condiciones de acoplamiento en las que se calcula el momento ejercido por el fluido en la turbina

$$v = \omega \times (r - r_0) \tag{11}$$

$$I(d\omega / dt) = - \int ((r - r_0) \times \sigma) \cdot n \tag{12}$$

Siendo I , el momento de inercia, realizándose la integración sobre el área de la microturbina. Para que el planteo 3D sea consistente desde un punto de vista conceptual el rendimiento óptimo de turbina se conseguirá para el diseño que minimice la fuerza de fricción y evite la acumulación de líneas de corriente (o distribución irregular). Para el cálculo de la fuerza de fricción se busca integrar la fuerza en toda el área de la microturbina calculando el gradiente de la velocidad en dirección normal y tangencial

$$F \sim v (\partial v_n / \partial n + \partial v_n / \partial \tau) \tag{13}$$

4. RESULTADOS

Cabe destacar que, en ejecuciones previas, fueron ajustándose tanto el espaciado entre la carcasa y la turbina, como las longitudes de los bordes de ingreso, y egreso. Así, y utilizando los conceptos mencionados, se realizaron simulaciones donde se agregó la tubuladura a una turbina std. Los resultados arrojaron que, en efecto se logra disminuir la presión a la entrada de la turbina, si se monta sobre una tubuladura de geometría simple, Figura 6.

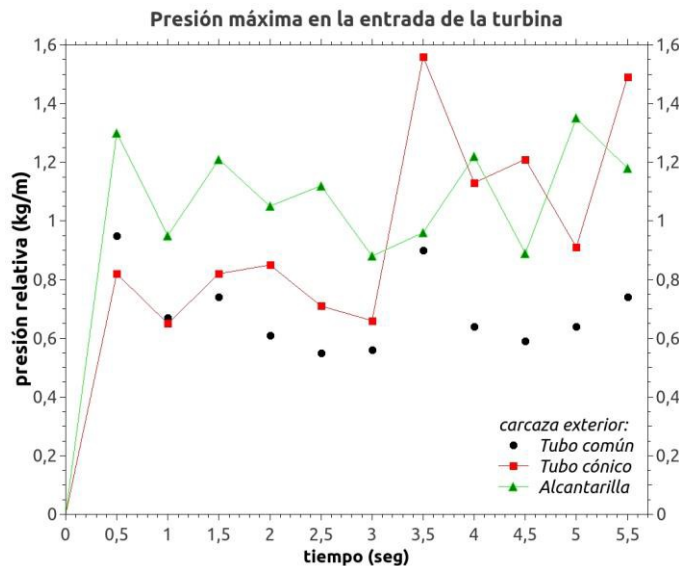


Figura 6 – Comparativa de presiones según el montaje

5. CONCLUSIONES

La conclusión es que el montaje de la turbina dentro de un cuerpo adecuado mejora su eficiencia rompe con el efecto “tapón”, disminuyendo la presión a la entrada, lo que implica que se ha logrado aumentar la velocidad en la turbina. Cabe destacar que no es posible aumentar el rendimiento absoluto de la turbina, sino su eficiencia, o rendimiento relativo, aunque disminuya la velocidad del curso de agua.

Dado que el objetivo es, en primer lugar, comprobar si el efecto Venturi es capaz de mejorar su eficiencia, queda abierta una nueva línea de investigación orientada hacia el diseño y modelización. En caso de requerir aliviar el costo computacional en la simulación 3D, se integrará un algoritmo de proyección como método de penalidad para resolver las ecuaciones de Navier-Stokes no estacionarias. Debido a la presencia del término convectivo no lineal, y no simétrico, en la ecuación de momentos, en flujos de alto Reynolds aparecen problemas de estabilidad numérica. Tal es el caso del flujo en un río, ya que domina la convección, y para este problema, la formulación estándar Galerkin es inestable. Las técnicas de estabilización, tales como SUPG (Streamline-Upwind-Petrov-Galerkin), GLS (Galerkin Least-Squares), SGS (Sub-Grid Scale), o LS (Least-Squares), deben usarse, para obtener soluciones significativas mediante elementos finitos, en flujos de este tipo.

Otra fuente de dificultad numérica encontrada, es la condición de incompresibilidad. La ecuación de continuidad, para un fluido incompresible, consiste en una restricción en el campo de velocidad, libre de divergencia. Luego, la presión tiene que ser considerada como una variable no relacionada a ninguna ecuación constitutiva. Su presencia, en la ecuación de Navier-Stokes, tiene

el propósito de introducir un grado de libertad adicional, necesitado para satisfacer un auto-ajuste instantáneo, actuando como un multiplicador de Lagrange de la restricción de incompresibilidad, y así, generando un acoplamiento entre la velocidad, y la presión desconocidos.

Es común en dinámica de fluido computacional (CFD), proveer una instantánea de un campo de flujo, dibujando una familia de líneas de corriente (curvas a ψ constante y V tangente). En el contexto de elementos finitos, los contornos de líneas de corriente (con intervalos especificados en ψ , entre pares de líneas de corriente vecinas), son obtenidas integrando numéricamente, a lo largo de los lados de los elementos, o bien, a través de la solución de una ecuación de Poisson [3,5].

Además, se realizará un relevamiento para la evaluación económica para la implementación de la propuesta. Por otro lado, los costos de energía han aumentado en estos últimos años, lo que permite proponer soluciones con períodos de amortización aceptables.

6. REFERENCIAS

- [1] S. del Pino, B. Maury; 2D/3D turbine simulations in freefem ++, PROCEEDINGS of Numerical Analysis and Scientific Computing for PDEs and Their Challenging Applications, CIMNE, Barcelona, Spain 2007.
- [2] A. Lefebvre; Fluid-particle simulations with freefem++, ESAIM: PROCEEDINGS, July 2007, Vol. 18, pp120 -132.
- [3] Jean Donea and Antonio Huerta, Finite Element Method for Flow Problems, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [4] O. C. Zienkiewics and R. L. Taylor, The Finite Element Method, Vol3, Fluid Dynamics, Ed. Butterworth-Heinmann, 5th edición, 2000.
- [5] Y. Achdou, J.L. Guermond; Convergence Analysis of a finite element projection/Lagrange-Galerkin method for the incompressible Navier Stokes equations, SIAM J. Numer. Anal. 37 (2000), no. 3, 799–826.

Estudio comparativo de biomarcadores a partir de crudos provenientes de la Cuenca Austral y del Golfo

Tomas, German; Vargas Walter; Acuña, Adrián.*

*Facultad Regional Santa Cruz, Universidad Tecnológica Nacional.
Av. De los Inmigrantes 555. gquimico90@gmail.com (C.P. 9400)*

RESUMEN

El petróleo o "aceite de roca" es un recurso no renovable que se puede separar en 4 grandes fracciones (alifáticos, aromáticos, resinas y asfáltenos). Las dos primeras fracciones contienen moléculas específicas de importancia para la Geoquímica Orgánica conocidas como "Biomarcadores". El objetivo de este trabajo fue determinar los perfiles de biomarcadores (isoprenos, hopanos y esteranos, etc) para dos muestras de crudo pertenecientes a la Cuenca Austral (CA) y dos a la Cuenca del Golfo (CG). Para tal fin las muestras de crudo fueron sometidas a una separación de sus fracciones alifáticas y aromáticas por cromatografía en columna de sílica gel y los extractos obtenidos fueron analizados por separado por cromatografía gaseosa con detección de masas estudiando los iones característicos para los diferentes compuestos de interés. Con los datos obtenidos se calcularon diferentes relaciones de diagnóstico como ser Pr/Fi, Pr/n-C₁₇, Fi/n-C₁₈, Ts/Tm, entre otros. Los resultados mostraron como a partir del estudio de biomarcadores pueden establecerse diferencias entre las muestras a nivel de una misma cuenca y más aún si se hace entre cuencas. Las muestras de la CG se caracterizaron por un ambiente deposición más anóxico, mayores niveles de biodegradación del crudo y un aporte de materia orgánica predominantemente marino ya que la relación Pr/Fi fue cercano a 1; en el caso de las relaciones Pr/n-C₁₇ y Fi/n-C₁₈ los valores se ubicaron por encima de 0,5 y en estas muestras se detectó la presencia de metilesteranos (S₃₀). Como conclusión podemos destacar que el estudio de los biomarcadores constituye una poderosa herramienta para caracterizar un yacimiento a partir de muestras obtenidas de él, y que como aspecto secundario esto permite marcar las diferencias existentes ellas.

Palabras Claves: Madurez Térmica, Ambiente de Deposición, Litología, Materia Orgánica.

ABSTRACT

Oil or "rock oil" is a non-renewable resource that can be separated into four large fractions (aliphatic, aromatic, resins and asphaltenes). The first two fractions contain specific molecules of importance for the Organic Geochemistry known as "Biomarkers". The objective of this work was to determine the profiles of biomarkers (isoprene, hopanos and esteranes, etc) for two samples of crude oil belonging to the Austral Basin (CA) and two to the Gulf Basin (CG). For this purpose the crude samples were subjected to a separation of their aliphatic and aromatic fractions by silica gel column chromatography and the obtained extracts were analyzed separately by gas chromatography with mass detection studying the characteristic ions for the different compounds of interest. With the obtained data, different diagnostic ratios were calculated such as Pr/Fi, Pr/n-C₁₇, Fi/n-C₁₈, Ts/Tm, among others. The results showed how, from the study of biomarkers, differences can be established between the samples at the level of the same basin and even more if it is done between basins. GC samples were characterized by a more anoxic deposition environment, higher levels of crude biodegradation and a contribution of predominantly marine organic matter since the Pr/Fi ratio was close to one; in the case of the Pr/n-C₁₇ and Fi/n-C₁₈ ratios, the values were located above 0.5 and in these samples the presence of methylsteranes (S₃₀) was detected. In conclusion, we can highlight that the study of biomarkers is a powerful tool to characterize a site from samples obtained from it, and that as a secondary aspect this allows to mark the existing differences.

1. INTRODUCCIÓN

Los biomarcadores son moléculas complejas presentes en el petróleo y que se caracterizan por su elevada estabilidad durante los procesos que le dieron origen (diagénesis, catagénesis y metagénesis), es decir, son aquellos compuestos que pueden ligarse de forma inequívoca con sus precursores biológicos (terpenoides y esteroides) ya que el esqueleto de carbonos se preserva [1]. En comparación con las concentraciones de los precursores biogénicos en los sedimentos, las concentraciones de biomarcadores en el petróleo son bajas, a menudo no alcanzando las cien partes por millón. Sin embargo, pueden ser detectados a pesar de la presencia de una amplia variedad de otros tipos de hidrocarburos en el petróleo mediante el uso de la espectrometría de masas acoplada a la cromatografía de gases (GC-MS) [2].

El petróleo se puede separar en una fracción alifática, aromática, resina y asfáltenos. En cada una están presentes los biomarcadores, pero las resinas y los asfáltenos no se volatilizan por debajo de 350°C por lo que sólo se trabaja con los biomarcadores presentes en las fracciones más livianas del crudo [3, 4]. El petróleo tiene una composición variable la cual depende de la roca madre que lo generó, del régimen térmico que predominó durante su formación, de la migración geológica y de las condiciones del yacimiento. La importancia del conocimiento geoquímico radica en la gran utilidad que tienen los biomarcadores para detectar el ambiente de depósito al identificar la acumulación de cierto tipo de organismos, ya que en cada crudo son un reflejo de la clase de materia orgánica que se encuentra en los sedimentos, así como de los procesos químicos a los que fueron sometidos después de la sedimentación [5, 6]. Estas combinaciones de moléculas, con sus respectivas reacciones químicas son únicas y varían dependiendo de la cuenca y/o campo, por lo que son indicadores de ubicaciones específicas. Además, permiten sugerir la madurez de la roca generadora, el tipo de litología y el aporte de material orgánico. A su vez estas huellas geoquímicas son utilizadas para comparar un petróleo con una muestra de su potencial roca generadora, y vincularlo (o no) a su fuente a través de dicha huella [7, 8].

1.1. Tipos de Biomarcadores

Los biomarcadores más estudiados debido a la facilidad con la que se determinan por las técnicas analíticas son el Pristano (Pr) y el Fitano (Fi), diterpanos alicíclicos que derivan de la molécula de fitol asociada a la estructura de la clorofila. Son muy importantes para determinar la biodegradabilidad de crudos en cortos períodos de tiempo. Otros compuestos son los esteranos que están por una molécula orgánica que consta de tres anillos de ciclohexano, un anillo de ciclopentano y una cadena lateral; en el caso que presenten aromaticidad pueden ser mono o triarómicos. Los diasteranos son esteranos reordenados que no tienen precursores biológicos, y es más probable que se formen durante la diagénesis y la catagénesis. Un tercer grupo son los hopanos. Estos se caracterizan por ser moléculas formadas por cuatro anillos de seis carbonos y un anillo de cinco carbonos. Por lo general, la presencia de hopanos se asocia con un aporte importante de ácidos hopanoides de origen bacteriano. Además de los biomarcadores, en los estudios geoquímicos también se analiza la presencia y concentración de otras moléculas conocidas como marcadores aromáticos que complementan la información suministrada por los biomarcadores. A este grupo pertenecen los naftalenos, fenantrenos, dibenzotiofenos, entre otros [1, 9, 10].

1.2. Caracterización Integral de Yacimientos

La caracterización geoquímica no convencional de yacimientos petrolíferos en Argentina no está difundida, por lo que este campo del conocimiento es poco utilizado en nuestro país. Este tipo de análisis usando biomarcadores históricamente les permitió a los geoquímicos del petróleo caracterizar crudos en términos de:

- medios deposicionales: es decir, cómo era el ambiente cuando la materia orgánica comenzó a depositarse en la roca madre. Era un ambiente rico o pobre en oxígeno, era terrestre, lacustre o marítimo [11].
- madurez de la materia orgánica: hace referencia a cuanto se ha transformado la materia orgánica en su camino a formar crudo. Yacimientos pocos maduros son ricos en las fracciones más livianas (alifáticas y aromáticas) y yacimientos maduros se caracterizan por tener en su composición un mayor porcentaje de las fracciones más pesadas [6, 8].
- fuentes biológicas de materia orgánica sedimentaria: es decir, si los organismos a partir de los cuales el petróleo se originó son terrestres o acuáticos (animales, plantas, hongos, protozoarios, bacterias, archaeas) [12, 13].
- conocer el tipo de petróleo para establecer si es parafínico, asfáltico o de base mixta [14].
- evaluar la migración y el grado de biodegradación basado en la pérdida de alcanos, isoprenoides, compuestos aromáticos, terpanos y esteranos [11].

1.3. Medio Ambiente

Parte de la legislación vigente en materia ambiental busca establecer el grado de contaminación que posee el ambiente sometido a una actividad industrial como a determinar su origen. En el caso particular de las contaminaciones con petróleo, la implementación de la caracterización geoquímica no convencional de petróleos de diferentes procedencias sirve para dar respuesta a este tipo de problema ya que puede generar información muy específica y de gran importancia para las investigaciones forenses medioambientales en términos de: determinar el origen de los hidrocarburos derramados, la diferenciación y la correlación de los petróleos, el comportamiento de los hidrocarburos en el medio ambiente y el seguimiento del proceso de degradación a la intemperie en una amplia variedad de condiciones ambientales. Además esto puede extenderse a (1) la comercialización fraudulenta de crudos y derivados porque permite identificarlos bajo condiciones de procedencia dudosa y/o incautamiento por sospecha de hurto, (2) conocer el rendimiento de los distintos métodos de degradación de los residuos del petróleo, principalmente los que se refieren al empleo de microorganismos. Asimismo se puede evaluar la eficacia del uso de diferentes fertilizantes o catalizadores que intervienen en la proliferación de las bacterias y, en consecuencia, en la degradación de los productos del petróleo [15, 16].

En determinadas ocasiones las muestras que se comparan son químicamente similares, es decir, los perfiles de hidrocarburos exhiben pocas variaciones entre ellos lo cual dificulta la resolución del problema. Además hay situaciones en las que existe más de una fuente sospechosa responsable de un derrame accidental o intencional de hidrocarburos. Estas problemáticas pueden ser resueltas mediante el examen y la comparación de los patrones de biomarcadores y sus perfiles debido a que son ampliamente utilizados para la correlación de petróleos en los estudios forenses ambientales. Para identificar las fuentes de los derrames que se producen de manera accidental y/o intencional se contrasta las muestras sospechosas y testigos, se comparan las distribuciones de los biomarcadores tanto cuali como cuantitativamente. Si al hacer los análisis pertinentes tienen lugar una o más de las siguientes condiciones existe una elevada probabilidad de que exista correspondencia entre las muestras: (1) los biomarcadores detectados en las muestras de derrames se pueden encontrar en la fuente sospechosa; (2) los patrones de distribución y los perfiles de biomarcadores coinciden; (3) hay coincidencia en la abundancia de biomarcadores; (4) se detectan compuestos "fuente-específicos" o biomarcadores desconocidos o (5) las relaciones de diagnóstico de los principales biomarcadores coinciden [15, 16].

Un ejemplo muy difundido de la importancia de los biomarcadores para estudios forenses es el caso del hidrocarburo derramado en Prince William Sound (PWS) en Alaska, sitio del derrame de petróleo del Exxon Valdez de 1989. En este caso los biomarcadores resultaron fundamentales para la caracterización del derrame y establecer el alcance de las zonas afectadas por el accidente [15, 16].

1.4. Cuenca Austral y Cuenca del Golfo

Las cuencas petroleras son depresiones de la corteza terrestre formada por la actividad tectónica de las placas en las que se acumulan sedimentos. Con forma de cubeta o fosa alargada han sido zonas geológicamente favorables para la formación y acumulación de hidrocarburos. Las Cuencas del Golfo y Austral están ubicadas al sur de la Patagonia Argentina. La Cuenca del Golfo es de tipo intracratónica, predominantemente extensional, con una orientación general Este-Oeste, desde la cordillera de los Andes al Océano Atlántico; su basamento está compuesto por un complejo volcánico-sedimentario. La Cuenca Austral se caracterizó por un ciclo tectónico transgresivo caracterizado que dio lugar a la Formación Inoceramus Inferior compuesta de lutitas ricas en materia orgánica. Luego a la Formación Margas Verdes, representada por lutitas y pizarras marinas. Las areniscas típicas de la cuenca están representadas por el Magallanes Inferior (Paleoceno-Eoceno) compuesto por areniscas glauconíticas y de cuarzo y lutitas, depositadas en un entorno marino y el Magallanes Superior (Eoceno - Mioceno) compuesto por conglomerados, areniscas, lutitas y lechos de lignito [17].

1.5. Objetivo

El objetivo del presente trabajo es comparar las características de la Cuenca Austral y del Golfo a partir del estudio químico no convencional de muestras de petróleo crudo provenientes de ellas.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Muestras

Las muestras de petróleo denominadas "COA1 y COA2" (Cuenca Austral) y "COG3 y COG4" (Cuenca del Golfo) fueron tomadas directamente de los yacimientos de forma representativa bajo las normas de muestreo propias de cada empresa operadora de la zona de colección. Las mismas se recibieron en botellas de un litro limpias, de color caramelo para evitar la fotooxidación y se evitó la presencia de una cámara de aire por encima del fluido para minimizar el impacto del oxígeno sobre la estabilidad de las muestras. Fueron almacenadas en lugares oscuros, secos y a temperatura ambiente hasta el momento en que se procedió a llevar a cabo los análisis pertinentes.

2.2 Acondicionamiento de las muestras de petróleo

Aproximadamente 100 µL de petróleo se diluyeron en 10 mL de pentano, seguidamente se realizó la limpieza del mismo con sílica gel para retener a los asfáltenos hasta obtener un sobrenadante traslucido. Finalmente se filtró el extracto y se transfirió a un vial para cromatografía. Por otro lado, 100 µL de petróleo fueron sometidos a una separación en columna de sílica gel para obtener sus fracciones alifáticas y aromáticas. Para esto se utilizó una columna de vidrio empaquetada con 3 g de sílica gel activada (105°C, 24 hs), a la cual se le colocó en su parte superior 50 mm de sulfato de sodio activado y 50 mm de alúmina activada. Luego se eluyó con 10 mL de n-pentano y 10 mL de diclorometano para obtener las fracciones alifáticas y aromáticas respectivamente. Ambos extractos se concentraron por separado hasta 0,5 mL bajo corriente de nitrógeno y se transfirieron a un vial de cromatografía. Los tres extractos preparados fueron conservados a -15 °C hasta su análisis.

2.3 Análisis cromatográficos

Un volumen de 1 µL del extracto de petróleo obtenido se inyectó en modo split con relación 1:10 en un cromatógrafo de gases, mientras que las fracciones alifáticas y aromáticas se inyectaron en modo splitless. La separación cromatográfica se efectuó en un cromatógrafo gaseoso marca Agilen modelo 7890A, con detector por espectrometría de masas de la misma marca modelo 5975C. Se empleó una columna HP5ms de 30 m de longitud, por 0,32 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de film. Se fijó la temperatura del inyector en 290°C y se empleó He como gas portador (*carrier*) con un flujo de 1,2 mL/min. La rampa de temperatura fue la siguiente: temperatura inicial de 55 °C durante 2 min, rampa de 6 °C/min hasta 270 °C pasando directamente a otra rampa de 3 °C/min hasta 300 °C, permaneciendo en esta temperatura durante 17 min. El tiempo total de corrida fue de 65 min aproximadamente. El detector de masas se utilizó con una temperatura de la fuente de iones y la línea de transferencia de 230°C y 180°C respectivamente y una energía de impacto de 70 eV. El escaneo de masas entre 29 y 400 uma se realizó en modo Scan para analizar los extractos de petróleo y de la fracción aromática, y en modo SIM para los iones 191 y 217 para el extracto de la fracción alifática.

2.4 Análisis de datos

Al momento de procesar toda la información obtenida en un estudio de biomarcadores, es decir, analizar la presencia/ausencia y concentración de estos en las muestras analizadas, los resultados más importantes derivan de las Relaciones de Diagnóstico. Para obtener estas relaciones se debe tomar uno o más biomarcadores pertenecientes a un grupo en particular y dividirlos con uno o más biomarcadores de otro o del mismo grupo. Con este procedimiento, aunque las concentraciones independientes de los biomarcadores varíen, las relaciones de diagnóstico permanecen constantes lo que permite entre otras cosas contrastar muestras. Para esto, se estudiaron los compuestos Pr, Fi y n-alcanos a partir de los extractos de petróleo, los hopanos y esteranos a partir de los extractos de las fracciones alifáticas, y los compuestos de tipo aromáticos a partir de los análisis cromatográficos de los extractos aromáticos. A continuación, se detallan algunas relaciones de diagnóstico utilizadas por los geoquímicos orgánicos y que serán utilizadas en este estudio mediante las ecuaciones 1 y 2.

$$Pr/Fi = Pristano/Fitano \quad (1)$$

$$Ts + Tm/Ts = Trisnorneohopano + Trisnorhopano/Trisnorneohopano \quad (2)$$

3. RESULTADOS

3.1 Isoprenoides

En la Figura 1 se observan los Cromatogramas de Iones Totales (TIC) para las dos muestras de la Cuenca Austral (COA1 y COA2). Se observa que la muestra COA1 posee un contenido medianamente equilibrado de n-alcenos con el heptadecano (n-C17) como mayor componente, para luego disminuir progresivamente. La muestra COA2 exhibe un decrecimiento asintótico desde el octano (n-C8) y su contenido en hidrocarburos es menor demostrando ser un crudo más liviano. La muestra COG3 perteneciente a la Cuenca del Golfo (Figura 1) se caracteriza por una fuerte presencia de compuestos n-alcenos hasta el pentacosano (n-C25), esto sugiere que estamos ante un crudo pesado. Por otro lado, en COG4 se observa un fuerte levantamiento de la línea de base y una baja presencia de la mayoría de compuestos presentes en COG3, lo que deja de manifiesto que la muestra ha sufrido una fuerte degradación [18].

El Pr y el Fi son los isoprenoides más importantes debido a la concentración en la que se encuentran en las muestras de crudo. La relación entre estos (Pr/Fi) y la que se obtiene de ellos con sus alcanos normales (n-C17 y n-C18) proporciona relevante información [5]. En la Tabla 1 se detallan los valores para las relaciones de diagnóstico Pr/Fi, Pr/n-C17 y Fi/n-C18. Los valores de la relación Pr/Fi para las muestras de la Cuenca Austral se ubican en torno a 2, lo cual sugiere que la materia orgánica que dio lugar a estos petróleos es un kerógeno tipo II-III (Mixto), el ambiente de deposición es subóxico y una madurez térmica intermedia a alta. Para COG3 y COG4; Pr/Fi es aproximadamente 1 por lo que el kerógeno precursor del crudo es de tipo II (Marino), el ambiente es anóxico y la presión térmica baja a intermedia.

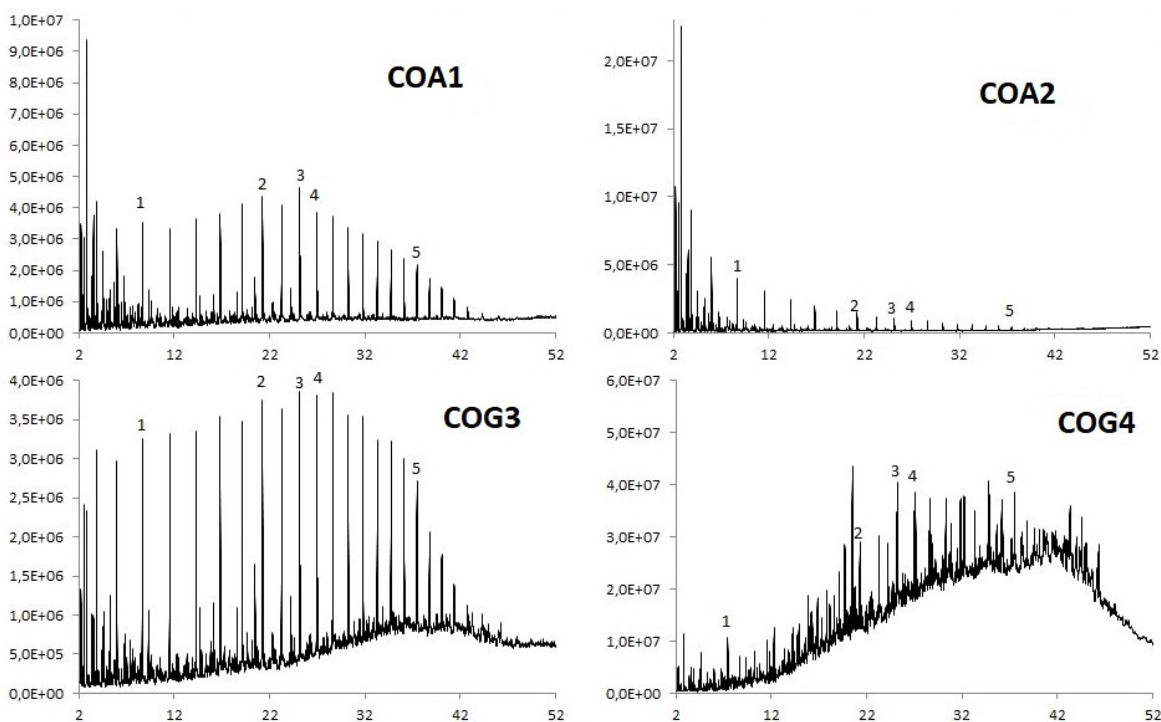


Figura 1 TIC para las muestras estudiadas. En el eje de las ordenadas se observa la “abundancia relativa” y en el eje de las abscisas el “tiempo de retención (min)”. Los compuestos señalados con números son los siguientes: 1 (n-10), 2 (n-15), 3 (n-17), 4 (n-18) y 5 (n-25).

Tabla 1 Relaciones de Diagnóstico (RD) de alcanos e isoprenoides.

COMPONENTES	COA1	COA2	COG3	COG4
Pr/Fi	1,81	2,05	1,06	0,88
Pr/n-C ₁₇	0,52	0,29	0,40	1,66
Fi/n-C ₁₈	0,32	0,17	0,38	1,81

3.2 Hopanos

Los Terpanos Tricíclicos y los Hopanos son considerados los componentes más importantes del petróleo para determinar el origen de la materia orgánica precursora de este ya que conservan mejor la estructura de los componentes biológicos de los que proceden. Los hopanoides son precursores biológicos relacionados a la membrana celular de procariotas. En los cuatro fragmentogramas correspondientes a la Figura 2 se observan una serie de picos a la izquierda que corresponden a los terpanos tricíclicos asociados a algas y a la derecha a partir del pico identificado con el número 5 empiezan a aparecer los hopanos que derivan de bacterias. Para las muestras de la Cuenca Austral hay una predominancia de hopanos por lo que hay mayor aporte bacteriano a la materia orgánica precursora. En cambio COG3 y COG4 poseen en predominancia terpanos lo que denota un mayor aporte algal [19].

A partir de los datos presentados en la Tabla 2, se sugiere que para COG3 y COG4 la roca madre tiene su origen en facies más carbonáticas ($H_{29}/H_{30} > 1$), para COA1 y COA2 el carácter siliciclástico es más pronunciado al oscilar sus valores en torno a 0,8. Otro indicador a tener en cuenta es el que resulta de la relación entre el Gamacerano (G_{30}) y el Hopano (H_{30}) (Tabla 2), cuanto mayor valor tome este parámetro el carácter carbonático es mayor. Como puede apreciarse la presencia de Gamacerano es mayor para las muestras de la Cuenca del Golfo, lo que va a la par de lo obtenido para H_{29} [20].

El Trisnorhopano (Tm) y el Trisnorneohopano (picos 5 y 6 respectivamente en la Figura 2) son dos hopanos ampliamente utilizados para determinar madurez térmica. A medida que la madurez se incrementa Tm se convierte en Ts por lo que bajos valores de la relación Ts/Tm es indicativo de crudos inmaduros. Todas las muestras se encuentran dentro de la ventana de generación de petróleo porque sus valores están por encima de 0,33 (Tabla 2). Cabe destacar que no se pueden realizar comparaciones de madurez entre las muestras utilizando esta relación ya que las mismas no pertenecen a las mismas facies orgánicas [21].

Tabla 2 Relaciones de Diagnóstico (RD) de hopanos.

COMPONENTES	COA1	COA2	COG3	COG4
H_{29}/H_{30}	0,84	0,87	1,04	1,17
$(G_{30}/G_{30} + H_{30}) * 100$	4,32	-	13,61	14,14
Ts/Tm	1,21	0,60	0,56	0,60

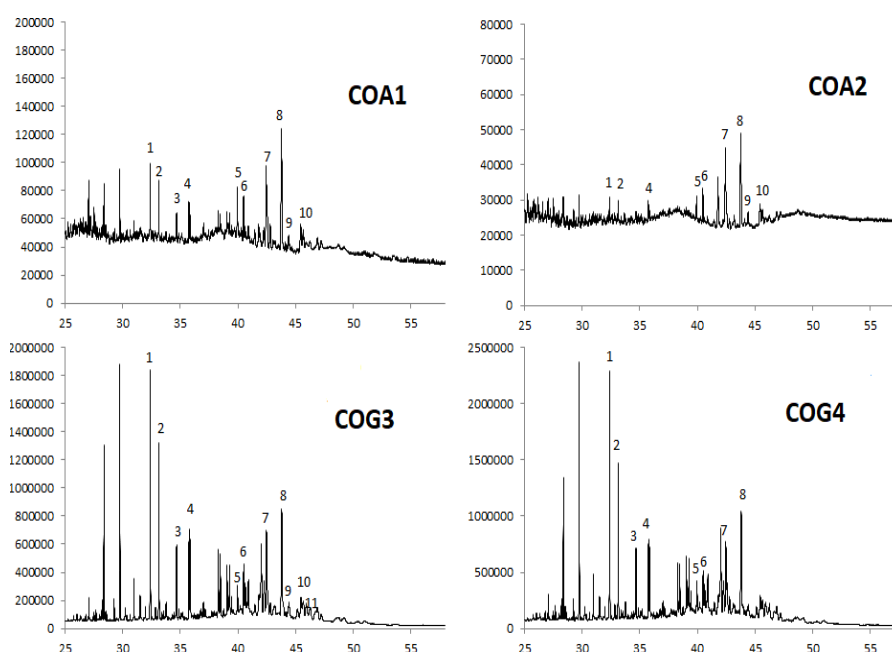


Figura 2 Fragmentogramas para el ión 191. En el eje de las ordenadas se observa la “abundancia relativa” y en el eje de las abscisas el “tiempo de retención (min)”. Los compuestos señalados con números son los siguientes: 1 (T23), 2 (T24), 3 (T25), 4 (T26), 5 (Ts), 6 (Tm), 7 (H29), 8 (H30), 9 (M30), 10 (H31) y 11 (G30).

3.3 Esteranos

La relación de diagnóstico D_{27}/S_{27} es un indicador del ambiente de sedimentación y del tipo de litología de la roca madre. En la Figura 3 se puede observar como COG3 y COG4 pertenecientes a la misma cuenca destacan por una mayor preponderancia de un ambiente anóxico y una roca generadora tipo carbonática ya que los picos D_{27} están por debajo respecto a S_{27} con los valores expresados en la Tabla 3. En el caso de COA1 y COA2 (Figura 3) el ambiente se torna subóxico y con un mayor aporte siliciclástico. La relación entre los porcentajes relativos de los esteranos S_{27} , S_{28} y S_{29} se puede visualizar en la Tabla 3, donde COA1 y COA2 están asociadas a litología del tipo lutitas marinas (clastos) y rocas fuente tipo carbonáticas. COG3 y COG4 a rocas fuente tipo carbonáticas [22].

Tabla 3 Relaciones de Diagnóstico (RD) de esteranos.

COMPONENTES	COA1	COA2	COG3	COG4
D_{27}/S_{27}	1,23	0,83	0,42	0,30
S_{27} (%)	41,77	37,85	24,55	27,53
S_{28} (%)	29,22	35,65	31,71	28,97
S_{29} (%)	29,01	26,50	43,74	43,50

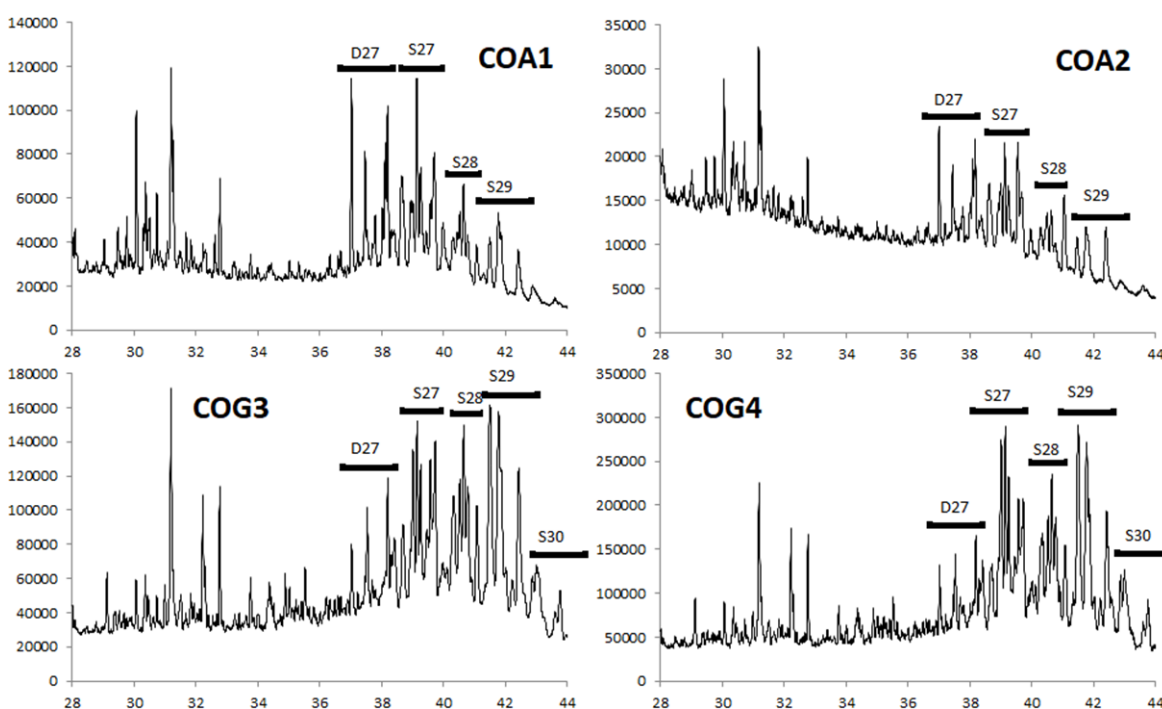


Figura. 3 Fragmentogramas para el ión 217. En el eje de las ordenadas se observa la “abundancia relativa” y en el eje de las abscisas el “tiempo de retención (min)”. Los compuestos señalados son D_{27} (diasteranos $n-27$), S_{27} (colestanos), S_{28} (ergostanos), S_{29} (estigmastanos) y S_{30} (metilesteranos).

3.4 Compuestos Aromáticos

Un parámetro utilizado para determinar el nivel de madurez es el índice de metilfenantreno (IMP), que se basa en la distribución de metilfenantreno y sus homólogos metilados. Éstos pueden derivar de esteroides y triterpenoides del material biológico de partida; o bien pueden originarse a partir de reacciones de metilación del fenantreno. Los isómeros que son más estables desde el punto de vista termodinámico son el 2-MP y 3-MP frente al 1-MP y 9-MP por lo que un aumento de la temperatura favorece el cambio entre isómeros 1-MP y 9-MP a 2-MP y 3-MP. En base a esto mayores valores del IMP están asociados a crudos más maduros que según los resultados (Tabla 4) serían los de la Cuenca Austral [18].

La reflectancia de vitrinita Ro (%) constituye el parámetro más importante al momento de determinar la madurez térmica de un crudo. La evolución térmica de un crudo está regida por valores crecientes de Ro (%). COG3 y COG4 (Tabla 4) son entonces petróleos menos maduros que COA1 y COA2 [18].

Tabla 4 Relaciones de Diagnóstico (RD) de compuestos aromáticos.

COMPONENTES	COA1	COA2	COG3	COG4
IMP	0,88	1,31	0,62	0,46
Ro (%)	0,92	1,16	0,78	0,69

4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que la caracterización química no convencional de crudos a través del estudio de biomarcadores constituye una eficaz herramienta para comparar crudos procedentes de diferentes yacimientos y más aún si proceden de cuencas diferentes. Los valores de las relaciones de diagnóstico generadas a partir de isoprenoides, hopanos, esteranos y compuestos aromáticos reflejan que las muestras procedentes de la Cuenca Austral proceden de un ambiente con moderada presencia de oxígeno, una litología con fuerte influencia siliciclástica, materia orgánica predominantemente bacteriana y una madurez térmica moderada a elevada. En cambio los crudos de la Cuenca del Golfo se formaron en un entorno anóxico, con una roca madre carbonática, materia orgánica algal y a temperaturas tales que exhibe una madurez baja a media.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Philp, R.P. (1985). "Fossil Fuel Biomarkers". Applications and Spectra. Elsevier, Amsterdam.
- [2] Hostettler, F; Lorensen, T; Bekins, B. (2013). "Petroleum fingerprinting with organic markers". Environmental Forensics, 14, 262-277.
- [3] McKenna, A; Donald, L; Fitzsimmons, J; Juyal, P; Spicer, V; Standing, K; Marshall, A; Rodgers, R. (2013). "Heavy petroleum composition. 3. Asphaltene aggregation". Energy & Fuels, 27, 1246-1256.
- [4] Podgorski, D; Corilo, Y; Nyadong, L; Lobodin, V; Bythell, B; Robbins, W; McKenna, A; Marshall, A; Rodgers, R. (2013). "Heavy petroleum composition. 5. Compositional and structural continuum of petroleum revealed". Energy & Fuels, 27, 1268-1276.
- [5] Hughes, W; Holba, A; Dzou, L. (1995). "The ratios of dibenzothiophene to phenanthrene and pristane to phytane as indicators of depositional environment and lithology of petroleum source rocks". Geochimica et Cosmochimica Acta, 59, 3581-3598.
- [6] El Diasty, W; Moldowan, J. (2012). "Application of biological markers in the recognition of the geochemical characteristics of some crude oils from Abu Ghradig basin, north Western desert – Egypt". Marine and Petroleum Geology, 35, 28-40.
- [7] Maslen, E; Grice, K; Le Métayer, P; Dawson, D; Edwards, D. (2011). "Stable carbon isotopic compositions of individual aromatic hydrocarbons as source and age indicators in oils from western Australian basins". Organic Geochemistry, 42, 387–398.
- [8] Adedosu, T; Sonibare, O; Tuo, J; Ekundayo, O. (2012). "Biomarkers, carbon isotopic composition and source rock potentials of Awgu coals, middle Benue trough, Nigeria". Journal of African Earth Sciences, 66–67, 13–21.
- [9] Peters, K.E; Moldowan, J.M. (1993). The Biomarker Guide. Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA,
- [10] Wang, Z; Fingas, M. (2003). "Development of oil hydrocarbon fingerprinting and identification techniques". Marine Pollution Bulletin, 47, 423–452.
- [11] Sivan, P; Datta, G; Singh, R. (2008) "Aromatic biomarkers as indicators of source, depositional environment, maturity and secondary migration in the oils of Cambay Basin, India". Organic Geochemistry, 39, 1620-1630.

- [12] Sephton, A; Hazen, R. (2013). "On the origins of deep hydrocarbons". *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*. 75, 449-465.
- [13] Galperin, Y, Kaplan, I. (2011). "Review of Microbial processes in the near surface environment and their implications for the chemical fingerprinting of hydrocarbon fuels". *Environmental Forensics*. 12, 236-252.
- [14] Stashenko, E.E; Martínez, J.R; Robles, M. (2014). "Extracción selectiva y detección específica de biomarcadores saturados de petróleo". *Scientia Chromatographica*. 6(4):251-268.
- [15] Owens, E.H; Taylor, E; Parker-Hall, H.A. (2010). "2. Spill site investigation in environmental forensic Investigations". *Environmental Forensics*. Polaris Applied Sciences, Inc. 12509 130th Lane, NE, Kirkland, WA 98034-7713.
- [16] Wang, Z; Yang, C; Fingas, M; Hollebone, B. (2010). "3. Petroleum biomarker fingerprinting for oil spill characterization and source identification". *Environmental Forensics*. Polaris Applied Sciences, Inc. 12509 130th Lane, NE, Kirkland, WA 98034-7713.
- [17] Villar, H.J; Arbe, H.A. (1993). "Oil generation in the Esperanza Area, Austral Basin, Argentina". *Third Latin American Congress on organic geochemistry*.
- [18] Peters, K.E; Walters, C.C; Moldowan; J.M. (2005). *The Biomarker Guide. Volume I. Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History, Second Edition*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [19] Madigan, M; Martinko J.M; Parker, J. (2000). *Brock, Biología de los Microorganismos*. Prentice Hall, Madrid.
- [20] García, J.A; Sánchez, J. A; Guzmán, M. A. (1999). "Esteranos y terpanos como marcadores biológicos en la prospección petrolera". *Journal of the Mexican Chemical Society*. 43 (1), 1-6.
- [21] Moldowan, J.M; Seifert, W.K; Gallegos, E.J. (1985) "Bull". *A. Assoc. Pet. Geol.* 69, 1255-1268.
- [22] Sieskind, O; Joly, G; Albretch, P. (1979) "Geochim". *Cosmochim.* 43, 1675-1679.

Aplicación de nuevas tecnologías para el monitoreo de la contaminación química inorgánica y orgánica en la cuenca riachuelo matanza: construcción de indicadores de prevención ambiental.

Dr. Ing. Rodríguez, Leandro; Ing. Luna, Sergio; Dr. Ing. Pascal, Oscar; Marzari, Nahuel*

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
Ruta 4. (Ex Camino de Cintura) KM.2. Lomas de Zamora. Irodriguez@ingenieria.unlz.edu.ar*

RESUMEN.

El presente trabajo tiene como eje central el desarrollo de indicadores de prevención ambiental en la Cuenca Matanza – Riachuelo a partir de un muestreo geoestadístico de resistividades a uno y dos metros de profundidad. La zona en cuestión concentra un importante porcentaje de población a nivel nacional (13,5%), lo cual, sumado a la situación actual de contaminación, representa un desafío que precisa de herramientas y acciones que sirvan para lograr mejoras a esta problemática.

A partir de un correcto mapeo de la cuenca, utilizando los puntos de la Red de Monitoreo de ACUMAR, se generará un mapa de resistividades y pH que, junto con los indicadores de gestión ambiental que se derivan de los mismos, servirá tanto para el desarrollo de nuevas estrategias de mitigación de la contaminación, el seguimiento de la evolución de dichas estrategias, la obtención de datos e información de interés y para la toma de decisiones de aquellos organismos que se ocupan de la temática ambiental.

Palabras Claves: Química. Estadística. Resistividad. Geoestadística. Cuenca Matanza – Riachuelo.

ABSTRACT.

The main objective of this paper is developing environmental prevention indicators for the Matanza - Riachuelo Basin based on geostatistical samples of resistivity at one and two meters of depth. A significant portion of Argentina's population (13,5%) resides in this area, which, along with the current contamination levels, poses a challenge that requires tools and actions to improve this situation.

Relying on an accurate mapping of the basin and using points gathered from the ACUMAR Monitoring Network, we will generate a resistivity and pH map. Along with the environmental management indicators derived from the Network points, our mapping will be useful both for developing new strategies for mitigating contamination and for following up on the progress of those strategies. It will also contribute relevant data and information for decision-making entities involved with environmental issues.

1. INTRODUCCIÓN.

En vistas a que la Cuenca Matanza – Riachuelo (CMR) es uno de los lugares más contaminados del mundo [1], el campo de aplicación se ve reflejado directamente sobre el entorno de la misma, quien padece de manera importante de los efectos nocivos de la polución en cuestión, como así también de aquellos organismos que podrán usar la herramienta para desarrollar las acciones necesarias para mermar las consecuencias de la contaminación.

Debido a la condición actual de la CMR es importante encontrar soluciones factibles para mejorar esta condición y contribuir a una mejor calidad de vida de su población. Sin embargo hay pocas posibilidades de acción en la zona urbana de la CMR, principalmente ubicada en la cuenca baja, ya que el impacto producido es prácticamente irreversible.

Efectivamente el fenómeno de urbanización es global así como lo son las mega-ciudades. El rápido crecimiento de las áreas urbanas, y la consecuente necesidad de abastecer de bienes y servicios a su población, provoca grandes cambios en los ecosistemas, generando la pérdida o modificación de ecosistemas naturales y la degradación del resto del área por contaminación, asentamiento de basurales informales, actividades extractivas, vuelcos de aguas residuales, etc. Esto se resume en el concepto de huella ecológica propuesto por Reed [2].

La ciudad de Buenos Aires y sus alrededores es reconocida como Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), y constituye una de las mega-ciudades del mundo, donde habitan unos 14 millones de personas. Entre las cuencas hidrográficas que dan asiento al AMBA se destaca la CMR. Allí, su matriz original, el pastizal pampeano, se ha perdido prácticamente por completo. Este deterioro en los ecosistemas naturales se debe a las actividades antrópicas que se desarrollan, principalmente el avance del uso urbano sobre las áreas rurales. En tal sentido, se ha dado una creciente importancia al estudio de las periferias de estas mega-ciudades, como posible espacio en donde se producen los cambios [3].

En la CMR existen iniciativas de preservación del cordón periurbano y de interpretación de este uso como clave para las cuestiones ambientales. Se puede citar el “Plan estratégico de la provincia de Buenos Aires” y uno de los 19 proyectos de Ley de la agenda ambiental presentados por el ex vicegobernador de la provincia de Buenos Aires en 2014 denominado “Conservación de los corredores ambientales y la franja periurbana” [4, 5, 6]

En cuanto a la caracterización física, natural y geográfica, la cuenca hidrográfica Matanza-Riachuelo (CMR) se extiende cubriendo una superficie de 2.238 km² (0,1% del territorio nacional) incluyendo CABA además de otras 14 jurisdicciones de la provincia de Buenos Aires. Desde su nacimiento el río se denomina Matanza, y a partir del Puente de la Noria y hasta su desembocadura en el Río de la Plata adopta el nombre de Riachuelo. Sin embargo, la población radicada actualmente en ella representa el 13,5% de la población argentina. Geomorfológicamente, se asienta sobre el basamento cristalino que corresponde a un desprendimiento del escudo de Brasilia con una cargada red hidrográfica.

Ecológicamente, el pastizal pampeano ha sido modificado casi completamente por la acción del hombre, siendo esto marcadamente notorio en el tercio inferior o cuenca baja. De este modo los residentes en la CMR se encuentran expuestos a diversos productos derivados de la actividad industrial, urbana y rural, pero además presenta algunas características socio-económico-demográficas que la tornan particularmente vulnerable dadas las condiciones de saneamiento básico insatisfecho, la alta impermeabilización de sus tierras (con el consecuente incremento de inundaciones) y condiciones asociadas a la pobreza.



Figura 1. Imagen Satelital de la Cuenca Matanza Riachuelo. Fuente: Elaboración propia utilizando imagen satelital de base de Arcmap.

Es el caso de la cuenca alta del Matanza-Riachuelo, donde se observa una creciente rectificación y canalización de cursos con el fin de convertir zonas inundables en “aptas” para cultivos y/o ganadería. En la cuenca inferior de la CMR más del 80% de la superficie fue impermeabilizada por urbanizaciones [7].

Cuando se hace referencia a contaminación ambiental de carácter químico se refiere a la presencia de ciertos elementos y compuestos en cantidades excesivas en un determinado medio, especialmente aquellos elementos disueltos o en suspensión en el agua. Según E. Ricaldi del Instituto de Investigaciones Físicas Universidad Mayor de San Andrés La Paz – Bolivia en su investigación denominada “Halos de contaminación en la sub-cuenca del río Antequera (Pazña – departamento de Oruro)” [8], las aguas contaminadas resultan nocivas y hasta letales para la subsistencia de la vida en el medio ambiente en consideración. Estos tipos de aguas y terrenos están caracterizados por diferentes valores de pH, provocan bajos valores de resistividad eléctrica, es decir, promueven la idea de alta contaminación ambiental.

2. DESARROLLO.

2.1 Estado actual del arte.

Existen experiencias mundiales en las cuales el periurbano aparece como un espacio estratégico para la mejora de la calidad ambiental. En general se trata de áreas periurbanas gestionadas para constituirse en cinturones hortícolas dando respuesta a la crisis alimentaria. Es el caso del periurbano de Melbourne (Australia) donde a partir de un análisis exhaustivo de estas áreas se generó una propuesta para la ciudad [9]. En nuestro país, se encuentran ejemplos de este uso del periurbano, en los estudios del Dr. Andrés Barsky [10, 11] sobre el desarrollo de la horticultura en el periurbano de la zona noroeste del AMBA, o bien en los estudios de la Prof. Daniela Nieto [12, 13] respecto al cinturón flori-fruti-hortícola del Gran La Plata.

Realizar un estudio de las resistividades del suelo, a distintas profundidades y en diferentes locaciones, permite conocer la geomorfología del suelo obteniendo interesantes conclusiones, pero lo más importante que debemos preguntarnos es hasta qué punto se pueden realizar mediciones parciales para predecir las mismas con un grado de error aceptable, en áreas extensas como lo es la provincia de Buenos Aires. Según Arruabarrena-Moreno [14] el uso de la tomografía de resistividad eléctrica en el estudio de suelos contaminados por hidrocarburos ha tenido un impacto sustancial dado que proporciona información valiosa acerca de la distribución espacial del contaminante en el subsuelo. Esta metodología fue aplicada para caracterizar un área contaminada por hidrocarburos de fracción media al oriente de la ciudad de Puebla (Centro de México) para probar su efectividad [15]. La comparación entre los datos químicos y geofísicos les permitió evaluar la sensibilidad de la propiedad física a la presencia del contaminante, y también se ha detectado que la resistividad eléctrica varía dependiendo del volumen y del tiempo de residencia del hidrocarburo en el subsuelo.

La conducción eléctrica en suelos rocosos es principalmente electrolítica ya que las rocas -sus granos- son aislantes en sí, por lo que la conducción eléctrica se realiza a través del agua intersticial que normalmente contienen y que siempre tiene sales disueltas en mayor o menor grado que la hacen conductora. Por consiguiente, la resistividad de una formación será función de su contenido en electrolitos, que a su vez depende de la porosidad efectiva de la roca y del índice de saturación.

Hay que señalar que la resistividad de cualquier formación varía entre amplios límites, no solo de una locación a otra, sino que se pueden observar variaciones dentro de zonas cercanas, principalmente cuando se trata de formaciones superficiales no consolidadas. No existe una ley general que correlacione litología con resistividad. No obstante, pueden establecerse criterios de tipo general [16].

Actualmente existe disponible un mapa de pH realizado por Sainz H., Echeverría H. y Angelini H. en colaboración con la unidad Integrada Balcarce: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en adelante (INTA) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) con mediciones en el período 2004-2006 y actualizado por Rodríguez L. en 2017 perteneciente al centro asociado CIC I4 (Instituto de Investigaciones en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora) [17].

Considerando que Buenos Aires es una provincia donde se desarrolla la actividad agrícola, según Liebig [18], se debe tener en cuenta los efectos que puede generar la frecuente aplicación de algunos fertilizantes los cuales pueden contribuir a la disminución del pH del suelo, por tal motivo es importante actualizar regularmente dicho mapa para poder conocer efectivamente si el suelo sufre algún tipo de modificación.

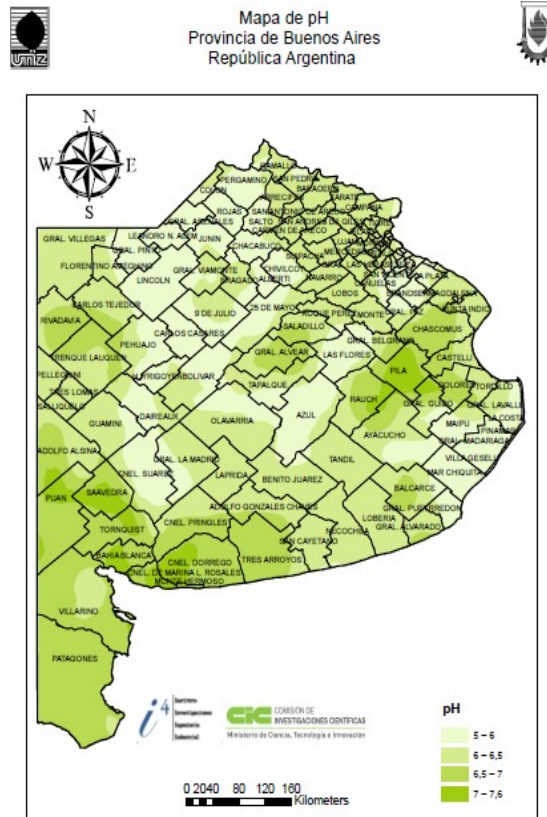


Figura 2. Rango de valores de pH del horizonte superficial (0-20cm de profundidad) de suelos agrícolas de la provincia de Buenos Aires. (Rodríguez, 2017) región pampeana y extrapampeana. Interpolación realizada con el método Kriging. Fuente: Tesis doctoral, Rodríguez Leandro Sebastián, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, 2017.

La mejor forma de estudiar la variabilidad del suelo es a través de la utilización de técnicas de geoestadística. Estas herramientas logran representar datos que pueden ser volcados en mapas para observar detalladamente cómo interactúan todas las muestras recolectadas dentro de un área determinada, buscando asociaciones y relaciones entre las mismas [19].

En la actualidad es necesario lograr una mejora en la exactitud de la interpretación de las muestras recolectadas en campo. Y por tal motivo deja de ser factible la utilización de la fotointerpretación, ya que muchos de los cambios del suelo no se evidencian con una simple observación externa. Es aquí donde entran en juego distintos tipos de análisis geoestadísticos, que utilizan el semivariograma y métodos de interpolación para obtener mapas isorítmicos de las características analizadas [20].

La variabilidad del suelo depende principalmente del tipo de propiedad que esté siendo analizada, existiendo habitualmente más variación en las propiedades químicas que las físicas [21, 22, 23, 24]. Cuando las zonas se encuentran urbanizadas aumenta el nivel de variación debido a los movimientos y contaminación que se va dando paulatinamente en los suelos. En cambio, en zonas rurales la variabilidad se debe a factores naturales y antropogénicos [25].

La actividad humana promueve la variabilidad a través de la distribución de residuos recientes y en el pasado lejano afectando la acumulación de materia orgánica con todas sus implicaciones. Son factores importantes en la variabilidad antropogénica la distribución de fertilizantes, la diferente remoción de nutrientes causada por diferentes tipos de cultivos y rotaciones, el efecto significativo de la erosión, labores culturales, nivelaciones de terrenos y compactación [26].

Además de los factores citados, se debe considerar la variación en función del clima. En especial la cantidad, frecuencia e intensidad de precipitaciones, vientos, temperatura máxima, mínima, amplitud diurna y nocturna, así como la radiación solar [27].

La gran constante en relación a los suelos es su variabilidad, pudiendo ser esta: vertical u horizontal. La primera se refiere a las diferencias entre los horizontes y, la segunda a como los suelos varían de un lugar a otro [28].

En las variaciones a gran escala, los patrones del suelo son principalmente resultado del clima y vegetación y secundariamente debidas a las diferencias de material parental. Aunque a menudo es útil referirse a las características regionales generales del suelo, es importante recordar que existen muchas variaciones al interior de cada grupo regional [29].

2.2 Hipótesis de trabajo.

Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente hipótesis de investigación:

“ES FACTIBLE DETERMINAR INDICADORES DE PREVENCIÓN AMBIENTAL A PARTIR DE MEDICIONES DE RESISTIVIDAD Y PH”

2.3 Objetivos.

El objetivo general esta investigación es contribuir al desarrollo sustentable de la Cuenca Matanza Riachuelo mediante el aporte de indicadores de prevención ambiental a través de la aplicación de nuevas tecnologías, buscando beneficiar a la población circundante. Del mismo se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- Generación de cartas-mapas de indicadores de prevención ambiental de la CMR.
- Modelizar la variabilidad espacial de las propiedades eléctricas y químicas del suelo en la CMR.
- Determinar la factibilidad del uso de indicadores de prevención ambiental a partir de mediciones de resistividad y pH.

3. Método de trabajo.

3.1 Diseño del levantamiento de datos.

Durante esta actividad de gabinete se definirán los lugares de muestreo dentro de CMR delimitando las áreas donde se debería realizar la toma de datos a través de una cuadrícula.

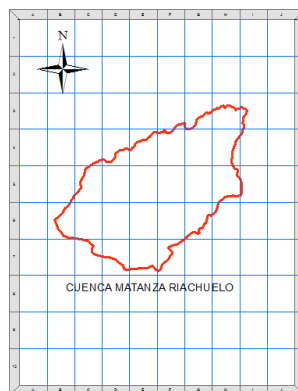


Figura 3. División de áreas tentativas para toma de mediciones en CMR – Fuente: Elaboración propia

Una vez que son delimitadas las áreas y con la premisa de obtener el menor error posible optimizando el número de muestras recolectadas, se simulará en ArcMap utilizando datos de investigaciones anteriores para conocer cuál será la cantidad mínima de mediciones necesarias para elaborar los indicadores de la región en estudio.

Las muestras serán recolectadas utilizando la Red de Monitoreo establecida por ACUMAR para la realización de sus estudios, para generar un aporte de interés a través de un estudio de resistividades y pH.

3.2 Procedimiento de recolección y análisis de muestras.

Para las mediciones de resistividad se llegará a la zona de recolección de muestras seleccionadas. Las mismas se relevarán siguiendo la norma ASTM-G57-2012 “Standar test method for field measurement of soil resistivity using the Wenner four-electrode method” [30] por el método de las 4 puntas de Wenner.

La resistividad del suelo es la resistencia específica del terreno y está relacionada con la conducción eléctrica del mismo. Es conocida como la resistencia específica del terreno, varía ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre y según la ley de Archie modificada [31], la resistividad del suelo depende de parámetros como la tortuosidad, cementación, textura y la resistividad aparente del agua con sales disueltas que ocupan parcialmente los poros.

Existen diversos métodos para realizar la medición de resistividad del terreno, los métodos eléctricos tienen su fundamento en el hecho de que las variaciones en la conductividad del suelo

alteran el flujo de corriente en el interior de la tierra. Usualmente la corriente penetra en el terreno a través de electrodos y se mide la caída de potencial entre ellos. Para medirla se inyecta una determinada intensidad de corriente y, en función de la caída de potencial y de la distancia entre electrodos, se puede determinar el valor de una nueva magnitud: la resistividad específica del terreno.

«Si el suelo es homogéneo, el valor así obtenido coincide con la resistividad verdadera, pero, de no ser así -suelo homogéneo, como sucede generalmente- el valor obtenido depende de las resistividades de las distintas formaciones que atraviesa la corriente» [32].

Existen distintos métodos eléctricos para medir la resistividad del terreno, uno de ellos es el método de Schlumberger que es utilizado para mediciones a grandes profundidades y el método de Wenner, el cual será utilizado en esta investigación.

En el año 1915, el Dr. Frank Wenner del U.S. Bureau of Standards desarrolló esta teoría que permite conocer la resistividad aparente del terreno. Este método es conocido como el método de Wenner, el cual consta de 4 electrodos que se insertan en el suelo, ubicados en línea recta, a una misma profundidad y los valores obtenidos dependerán directamente de la distancia de separación entre electrodos y de la resistividad del terreno. Cabe destacar que no depende en forma apreciable del material y tamaño de los electrodos utilizados pero sí del tipo de contacto que hagan con el terreno.

«El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la distancia de los electrodos» [33].

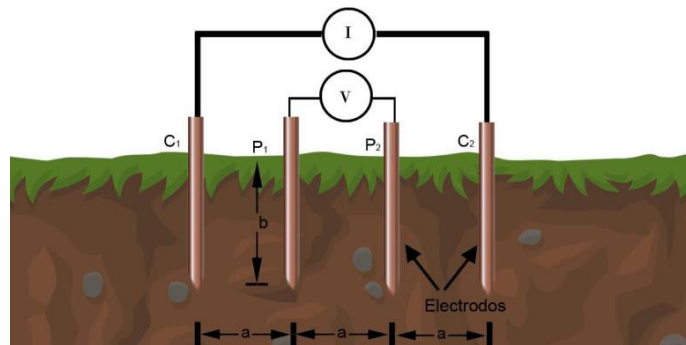


Figura 4. Medición de resistividad por el método de las 4 puntas de Wenner – Fuente: Elaboración propia

Se puede observar como los electrodos (jabalinas) son ubicados en línea recta. A través de los electrodos exteriores se inyecta la corriente anteriormente mencionada y se realiza la medición de potencial a través de los electrodos interiores. Finalmente la resistividad aparente se puede definir con la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot R}{1 + \left[\frac{2 \cdot a}{(a^2 + 4 \cdot b^2)^{0,5}} \right] - \left[\frac{2 \cdot a}{(4 \cdot a^2 + b^2)^{0,5}} \right]} \quad (1)$$

Dónde:

ρ : Resistividad promedio a la profundidad A

a: Distancia de separación entre los electrodos

b: Profundidad de enterrado de los electrodos

R: Lectura en Ohms [Ω] del resistímetro

Si la distancia enterrada de los electrodos (b) es inferior que la distancia de separación entre electrodos manteniendo la relación $a > 20b$, se puede aplicar la siguiente fórmula simplificada:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \quad (2)$$

El valor de resistividad obtenido a través de la realización del cálculo anteriormente mencionado va a representar la resistividad promedio de un hemisferio del terreno de un radio igual a la separación entre los electrodos.

Siempre es recomendable no tomar lecturas paralelas a estructuras metálicas enterradas para que no se vean afectadas, y obtener mejores resultados.

Para la toma de resistividades se utilizará un resistivímetro Megabras MTD 20KWe (telurímetro y voltímetro digital de 3 ½ dígitos), N° serie: 16L2005, con un rango de resistencias (20-200-200) Ω y 20 k Ω . Calibrado en los laboratorios del fabricante. Verificando que cumpla sus funciones y rangos indicados en la página 40 de su manual de instrucciones (Ω : $\pm 0,05\%$; V: $\pm 0,1\%$; evaluadas en base a la incertidumbre estándar (tipo B) de una distribución rectangular multiplicada por un factor de cobertura de 1,65 correspondiente a una probabilidad de cobertura del 95%, a una temperatura de 23 ± 1 °C y HR 55 al 75%).

Según el fabricante, el resistivímetro digital MTD-20KWe es capaz de medir resistencias de puesta a tierra y resistividad del terreno a través del método Wenner [34].

«El pH del suelo es una de las propiedades químicas más relevantes ya que controla la movilidad de iones, la precipitación y disolución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes» [35].

Para el relevamiento de pH se utilizará un electrodo de antimonio. Este instrumento se utiliza en conjunción con un electrodo de sulfato de cobre, para formar una célula sensible al pH. La tensión desarrollada entre los dos electrodos en contacto con el mismo electrolito proporciona una medición que se convierte en el pH del electrolito. El electrodo se encuentra calibrado, con una escala de conversión en su lateral para obtener el pH. El instrumento seleccionado para realizar la medición de pH junto a los electrodos de antimonio y cobre sulfato de cobre es un multímetro Fluke 77. El mismo reúne todas las funciones necesarias para solucionar la mayoría de los problemas eléctricos y electrónicos. Este multímetro es muy fácil de usar, disminuyendo la posibilidad de error a la hora de realizar la toma de mediciones.

Finalmente, la ubicación en cada punto de muestreo será realizada mediante un geoposicionador GPS Trimble PRO-XRT con sistema de corrección en tiempo real Omnistar XP, que permite tener un error en la posición de la muestra menor a 30cm. Mediante el uso del GPS, al medir el rendimiento como al muestrear el suelo se puede determinar exactamente el sitio en el campo para poder regresar al mismo sitio cuando sea necesario.

Para el almacenamiento de los datos se utilizará un colector de datos marca Trimble, modelo NOMAD 900G. Los dispositivos de mano GPS integrados de la serie Trimble Nomad 900G son diseñados para un rendimiento superior en entornos difíciles, siendo compatibles con todas las aplicaciones de software de Trimble Mapping & GIS, y cuentan con varias configuraciones para que el usuario pueda elegir según el tipo de trabajo que requiera.

Este dispositivo está equipado con un receptor GPS integrado de alto rendimiento diseñado para la captura de datos productiva en condiciones GPS difíciles (como bosques frondosos o cerca de edificios altos). Los modelos de la serie Nomad 900G son ideales para aplicaciones donde la alta productividad es esencial, por ejemplo levantamientos forestales o gestión de recursos naturales.

Esta PDA es capaz de correr el software Terrasync para la recolección de datos, vinculándola al receptor PRO-XRT.

Para registrar y administrar los datos GIS dentro de la PDA se utilizará el software Terrasync. Este software permite registrar datos de posición y características para luego ser introducidos dentro de bases de datos GIS de forma rápida y eficaz.

El software Trimble GPS Pathfinder Office es un paquete de herramientas de pos procesamiento GNSS potente y fácil de usar, que incorpora tecnología de corrección diferencial Trimble DeltaPhase diseñada para desarrollar información de sistemas SIG uniforme, confiable y precisa a partir de los datos GNSS capturados en el campo [36].

La capacidad del software permite generar proyectos con archivos de atributos asociados a los datos GPS digitalizados, de manera de obtener finalmente mapas en cualquier escala, sistema de coordenadas, datum y elipsoides seleccionados por usuario. Los mapas y archivos asociados pueden ser actualizables continuamente y convertidos finalmente a más de 140 GIS disponibles en el mercado, entre ellos ARC/INFO, AUTO CAD, INTERGRAPH, ERDAS, GEO/SQL, GRASS, MOSS, etc. Todos los datos pueden ser clasificados, filtrados, representados gráficamente con simbologías definidas por usuario y ploteados. El mismo tiene vínculo directo a software de diseño y mapeo CAD.

3.3 Proceso de análisis de datos.

Una vez recibidos los archivos en formato *.SSF provenientes del proceso de recolección de muestras iniciarán las tareas de análisis de datos en gabinete.

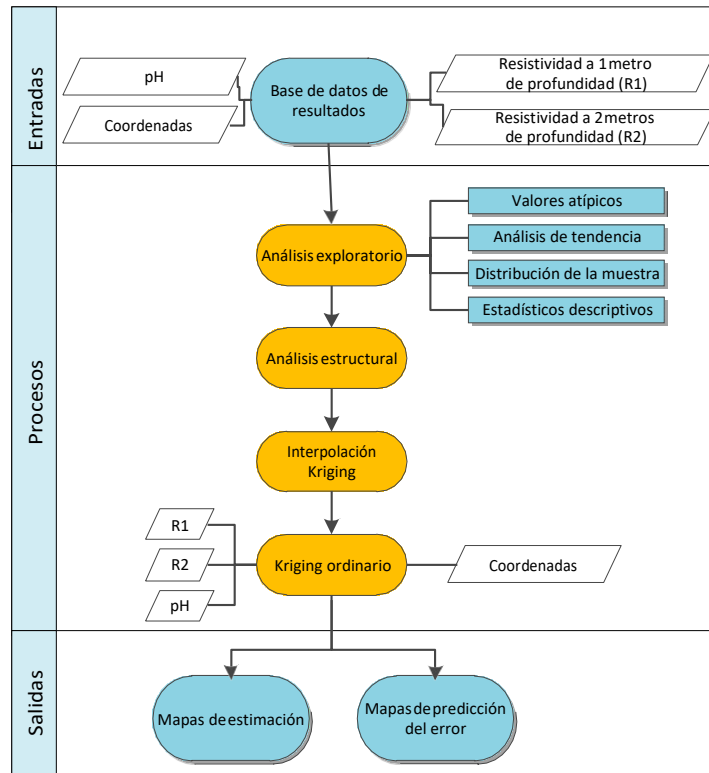


Figura 5. Proceso de análisis de datos – Fuente: Elaboración propia

En primer lugar es necesario utilizar el software Trimble GPS Pathfinder Office para abrir el *.SSF encriptado con los datos recolectados de las mediciones. Una vez que los datos son levantados por el software es posible visualizar todas las mediciones realizadas con su ubicación geográfica, fecha y hora de recolección y todos los valores medidos. Por medio de este software es posible convertir los datos relevados a múltiples formatos. Como el valor relevado en campo es resistencia a 1 y 2 metros, es necesario calcular la resistividad. Una vez que los datos se encuentran disponibles, se iniciará el análisis exploratorio para identificar, entender y buscar tendencias, para realizar una descripción cualitativa y cuantitativa los datos. Al representarlos en figuras y diagramas, se busca identificar observaciones atípicas “outliers”, calcular los estadísticos descriptivos, identificar las poblaciones bajo estudio e identificar la distribución de probabilidad.

Una vez finalizado el análisis exploratorio de los datos, se procede a realizar el análisis estructural de estos mediante la técnica geoestadística Kriging Ordinario.

La herramienta que se utilizará para realizar el análisis geoestadístico será el ArcMap, con la extensión “GeoStatistical Analyst”. Esta extensión provee de una variedad de herramientas para la exploración de datos espaciales, identificación de datos anómalos, predicciones óptimas, evaluación de predicciones dudosas y creación de superficies. Este módulo utiliza puntos de las muestras tomadas en diferentes localizaciones y crea una superficie continua.

4. Impactos esperados.

4.1 Contribución al conocimiento científico y tecnológico en el área.

Luego de la recolección y el procesamiento de los datos mencionados finalmente se logrará mapear el suelo de la Cuenca Matanza Riachuelo con la finalidad de crear mapas correspondientes a Resistividad a distintas profundidades (1 y 2 metros), pH y el correspondiente mapa con los indicadores generados en este proyecto de prevención ambiental de la CMR. Contribuyendo a la capitalización del conocimiento del suelo, creando una herramienta que facilite la toma de decisiones en materia de protección ambiental.

4.2 Contribución a la calidad de actividad docente y formación de recursos humanos.

La participación de docentes y becarios en las actividades, quienes podrán interactuar con los actores del sector de conocimiento y de la sociedad ligados al presente proyecto, promoverá un fortalecimiento de las capacidades ya instaladas en la Fi-UNLZ, consolidándose como centro de referencia para la región bonaerense y el país.

A su vez, las propias características de la problemática promueven la mejora de las capacidades interdisciplinarias del equipo de trabajo, integrando conocimientos y saberes de las diversas instituciones en áreas de la tecnología, química, geología, estadística; y también promoviendo la mejora en las capacidades de gestión del grupo responsable, participantes y colaboradores.

4.3 Contribución al desarrollo socioeconómico del país.

Siendo la Cuenca Matanza – Riachuelo una locación en exceso contaminada, la misma tiene un impacto totalmente negativo para el medio ambiente y la calidad de vida de la población circundante. En este sentido, la generación de indicadores de prevención ambiental y su monitoreo permitiría desarrollar estrategias de control y mitigación de la contaminación, promoviendo una mejora de la situación actual.

3. CONCLUSIONES.

Los aportes del presente proyecto de investigación consistirán en promover conocimientos, información y resultados de carácter específico, que puedan derivar a futuro en proyectos y vínculos de I+D+I transversalmente entre la Universidad, instituciones públicas y privadas. Así mismo, en conjunto con ACUMAR, la herramienta servirá como apoyo en las decisiones estratégicas para la adopción de medidas tendientes a mejorar la calidad de vida de la población que padece de los efectos negativos de la zona en estudio.

Por otra parte, claramente el método es aplicable a cualquier zona de riesgo en las cuales, a partir de la toma de resistividades y pH, y su consecuente generación de cartas-mapas, se puedan aplicar medidas preventivas y correctivas utilizando los indicadores generados para el seguimiento situacional.

En el aspecto formativo, cabe destacar la participación de personal especializado, además de la inclusión de tesis doctorales y becarios CIN.

4. REFERENCIAS.

[1] Blacksmith Institute, Green Cross. (2013). The World Worst 2013: The top ten toxic threats. <https://www.worstpolluted.org/docs/TopTenThreats2013.pdf>

[2] Ewing B., Reed A., Risk S.M, Galli A., Wackernagel M., Kitzes J. (2008). Calculation Methodology for the National Footprint Accounts, 2008 Edition. Oakland: Global Footprint Network.

[3] Aguilar A. G. (2002) Las mega-ciudades y las periferias expandidas. Ampliando el concepto en Ciudad de México. Eure, Vol 28 No 85 Online [http](http://www.eure.com).

[4] Lafflito, C. & Zuleta, G. (2012). El periurbano y la planificación de ciudades sustentables. El caso de Buenos Aires, Argentina. IX Congreso IIE. Bogotá, Colombia 15 pp.

[5] Lafflito, C., Zuleta, G., Schell, D. y Guida Johnson, B. (2013) El uso periurbano: ¿un aliado de la rehabilitación ambiental urbana? Colombia. Bogotá. Congreso. III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica.

[6] Lafflito, C. (2017) Gestión periurbano Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. 120pp.

[7] Lafflito, C. M., G. A. Zuleta, D. Schell & B. Guida Johnson. (2011). Land use at the watershed scale: restrictive factors or opportunities for environmental rehabilitation? Case study in Buenos Aires, Argentina. 4th World Conference on Ecological Restoration. Mérida, México.

[8] Ricaldi, E. (2009). HALOS DE CONTAMINACIÓN EN LA SUB-CUENCA DEL RÍO ANTEQUERA (PAZÑA - DEPARTAMENTO DE ORURO). Revista Boliviana de Física, 15(15), 22-31. Recuperado el 17 de septiembre de 2018, de

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S15628232009000100005&lng=es&tlng=es.

[9] Buxton, M., Tieman, G., Bekessy, S., Budge, T., Butt, A., Coote, M., Lechner, A., Mercer, D., O'Neill, D. & Riddington, C. (2007) Change and Continuity in Peri-urban Australia, Peri-Urban Case Study: Bendigo Corridor, RMIT University, Melbourne, Australia.

[10] Barsky, A. (2005). El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. Scripta Nova, Vol. IX, núm. 194 (36), 1/8/2005. Buenos Aires, Argentina.

[11] Barsky, A. (2013). Gestionando la diversidad del territorio periurbano desde la complejidad de las instituciones estatales. Implementación de políticas públicas para el sostenimiento de la agricultura en los bordes de la región Metropolitana de Buenos Aires (2003-2013). Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. 339 pp. Barcelona, España.

[12] Nieto, D y Aramayo, G. (2013). Aporte teórico-metodológicas para el análisis de estrategias de asentamiento, movilidad y reproducción social de los trabajadores rurales en áreas periurbanas. El caso del Partido de La Plata. 14 ° EGAL. Encuentro de Geógrafos de América Reencuentro de saberes territoriales latinoamericanos. Latina. 12pp. Lima, Perú.

[13] Nieto, D. (2014) Territorios rurales periurbanos: la actividad florícola en el partido de La Plata como parte constitutiva de un territorio periurbano regional. Reflexiones Geográficas. Buenos Aires, Argentina.

[14] Arrubarrena-Moreno, Manuel, & Arango-Galván, Claudia. (2013). Use of electrical resistivity tomography in the study of soil pollution caused by hydrocarbons: Case study in Puebla (México). Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 65(2), 419-426. Recuperado en 17 de septiembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222013000200022&lng=es&tlng=.

[15] Buol, S. W., Hole, F. D., & McCracken, R. J. (1993). Génesis y Clasificación de Suelos. Méjico: Trillas.

[16] Geo, C. A. (2015). Estudio Geofísico de Resistividad Eléctrica. El salvador, Honduras, Guatemala: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – UICN.

[17] Rodríguez, L. (2017). Modelado de Resistividad y pH de la provincia de Buenos Aires: Capitalización del conocimiento del suelo y contribución al desarrollo del sector de la protección anticorrosiva de la república argentina, Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Buenos Aires, Argentina.

[18] Liebig, M. A. (2002). Crop Sequence and Nitrogen Fertilization Effects on Soil Properties in the Western Corn Belt The USDA–ARS is an equal opportunity/affirmative action employer and all agency services are available without discrimination. Soil Science Society of America Journal (66), 596-601. North Dakota, United States.

[19] Ortega, R., & Flores, L. (1999). Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio - específico. CRI Quilamapu-Chile: Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.

[20] Burrough, P. A. (1986). Soil variability: a late 20th century view. En Soils and Fertilizers (Vol. 5, págs. 529-562).

[21] Ovalles, F. A. (1992). Metodología para determinar la superficie representada por muestras tomadas con fines de fertilidad. Maracay: FONAIAP-CENIAP-IIAG.

[22] Ovalles, F. A. (1991). Evaluación de la variabilidad interna de los suelos a nivel de parcela para el establecimiento en lotes experimentales en el estado de Cojedes. Agronomía Tropical, 41(1), 23- 40.

[23] Ovalles, F. A. (2001). Memorias del curso de Geoestadística Aplicada a Estudios Ambientales con Énfasis en Suelos. Manizales: Universidad de Caldas.

- [24] Ovalles, F. A., & Rey, J. (1995). Variabilidad interna de las unidades de fertilidad en suelos de la depresión del Lago de Valencia. En *Agronomía Tropical* (págs. 41-65). Maracay: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- [25, 26] Brouder, S.M. (1999). Applying site-specific management in soil fertility research and developing management information for variable rate technologies. In *proceedings of Information Agriculture Conference*, Purdue University. P.321. Indiana, United States.
- [27, 28] Bragachini, M. (1999). Agricultura de precisión para incrementar la productividad. En *Memorias*. Mar del Plata: Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (págs. 265-272). Mar del Plata: In 7º Congreso Nacional AAPRESID. Mar del Plata, Argentina.
- [29] Brady, N., & Weil, R. (2002). *The nature and properties of soils*. New Jersey: Prentice-Hall. United States.
- [30] ASTM-G57-2012 Standar test method for field measurement of soil resistivity using the Wenner four-electrode method. (2012). ASTM. Pensilvania, United States.
- [31] Archie, G.E. 1942. The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining some reservoir characteristics. *Trans. AIMME*. 146: 54-62.
- [32] Geo, C. A. (2015). *Estudio Geofísico de Resistividad Eléctrica*. El salvador, Honduras, Guatemala: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – UICN.
- [33] Wenner, F. (1915). A method of measuring earth resistivity. *Bur. Stand. U.S. Bull* (12), 469-478.
- [34] MEGABRAS. (2016). MEGABRAS: MTD 20KWe. Recuperado el 06 de Octubre de 2016, de <http://www.megabras.com/es/productos/teluometro/teluometro-digital-MTD20KWe.php#Descrição>
- [35] Rozas, H. S. (2011). Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. *Ciencia del suelo*, 1(29), 29-37. Buenos Aires, Argentina.
- [36] RUNCO. (2008). *Manual Pathfinder Office*. Recuperado el 06 de Octubre de 2016, de <http://www.runco.com.ar/IMG/pdf/GuiaPFO2008.pdf>

Aplicación de herramientas, como estrategia ambiental, para mejorar la competitividad empresarial

Cariello, Jorgelina L.; Gil, Marcelo R.; Kondratiuk, Vanesa*

**Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional
60 y 124 s/n Berisso, Buenos Aires, Argentina
cariello@frlp.utn.edu.ar*

RESUMEN

Actualmente las organizaciones apuntan a nuevos modelos productivos basados en el desarrollo sostenible; es decir, producir bienes y servicios que minimicen el uso de recursos naturales, la generación de residuos, efluentes y emisiones contaminantes; sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras. Por ello, las organizaciones tienen un interés creciente en incorporar, dentro de la estrategia empresarial, las cuestiones ambientales. Se define entonces a la estrategia ambiental como un plan cuya finalidad es mitigar los efectos sobre el medio ambiente de las operaciones de la empresa y sus productos. Se trata de estrategias de aplicación práctica que involucran la economía, la sociedad y el medio ambiente.

En tal sentido, las organizaciones que implementen estrategias ambientales a través de diferentes herramientas podrán mejorar su posicionamiento en el mercado siendo de esta manera más competitivas.

Habiendo analizado el impacto que genera la incorporación de estrategias ambientales por parte de cualquier organización, y logrando de esta manera ser competitiva, se consideró oportuno llevar adelante una investigación concerniente al tema en el sector PyME.

Una vez identificado y analizado el sector productivo sobre el cual se centró la investigación se procedió a estudiar algunas de las herramientas de estrategia ambiental, con el fin sacar conclusiones sobre aquellas de ser susceptibles de mejorar la competitividad de las organizaciones con su aplicación

Palabras Claves: desarrollo sostenible – competitividad – herramientas de estrategia ambiental.

ABSTRACT

Currently, organizations point to new productive models aimed at sustainable development; that is, to produce goods and services that minimize the use of natural resources, the generation of waste, effluents and polluting emissions; without jeopardizing the needs of future generations. Therefore, organizations have a growing interest in incorporating environmental issues into the business strategy. The environmental strategy is then defined as a plan whose purpose is to mitigate the effects on the environment of the company's operations and its products. These are practical application strategies that involve the economy, society and the environment.

In this sense, organizations that implement environmental strategies through different tools will be able to improve their market positioning, thus being more competitive.

Having analyzed the impact generated by the incorporation of environmental strategies by any organization, and thus being competitive, it was considered appropriate to carry out an investigation concerning the issue in the SME sector.

Once the productive sector on which the research was focused was identified and analyzed, some of the environmental strategy tools were studied, in order to draw conclusions about those that are likely to improve the competitiveness of organizations with their application

1. INTRODUCCIÓN.

La competitividad empresarial apunta a las diferentes estrategias y métodos que las organizaciones llevan a cabo con el fin de diferenciarse de sus competidores. La competitividad, desde el punto de vista de la rentabilidad, depende de la relación entre el valor y la cantidad del producto ofrecido y los insumos necesarios para obtenerlo (productividad), y la productividad de los otros oferentes del mercado. Por ejemplo, si una organización aplica técnicas de producción más eficientes que las de sus competidores, podrá obtener más cantidad y/o calidad de sus productos o servicios como así también reducir sus costos de producción. De esta manera se dice entonces que la organización logra ser más competitiva en el mercado en el cual se desenvuelve.

En la actualidad las organizaciones apuntan a nuevos modelos productivos basados en los principios que rigen el desarrollo sostenible. Se entiende por desarrollo sostenible “al modelo de producción de bienes y servicios que minimiza el uso de recursos naturales, la generación de residuos, efluentes y emisiones contaminantes; sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras” (Informe Brundtland, 1987). Es por ello, que en las organizaciones se observa un interés creciente en incorporar dentro de la estrategia empresarial las cuestiones ambientales. Se define entonces a la estrategia ambiental como un plan cuya finalidad es mitigar los efectos sobre el medio ambiente de las operaciones de la empresa y sus productos. Se trata de estrategias de aplicación práctica que involucran la economía, la sociedad y el medio ambiente.

La implementación de una estrategia ambiental, por parte de una organización, viene dado por la aplicación de diferentes herramientas. Como herramientas de aplicación podemos mencionar la aplicación de indicadores de desempeño ambiental, también indicadores como la huella ecológica, la huella de carbono o la huella hídrica, el modelo de economía circular, producción limpia, logística inversa, análisis del ciclo de vida, gestión energética, aplicación de normas como ser la ISO 14001 y BCorp, auditoría ambiental, aplicación de tecnologías amigables con el medio ambiente, entre otros.

En este contexto actual, las organizaciones que implementen estrategias ambientales a través de diferentes herramientas podrán mejorar su posicionamiento en el mercado siendo de esta manera más competitivas en este aspecto.

Habiendo analizado el impacto que genera la implantación de estrategias ambientales por parte de cualquier organización en la región que se encuentre emplazada y, logrando de esta manera ser competitiva, se consideró oportuno llevar adelante una investigación concerniente al tema en el sector PyME.

La investigación se centró en este tipo de sector productivo dado que las PyMEs son más creativas, flexibles y tienen una mejor posición para cambiar de rumbo más rápidamente que las grandes organizaciones. Su tamaño les permite implementar estrategias ambientales sin transformaciones radicales o costosas. Por otro lado, se pueden identificar oportunidades de mejora en los procesos que reduzcan el impacto ambiental, pero que también generen ahorros económicos. De esta manera, una PyME puede mejorar su negocio, comenzar a incorporar responsabilidad con el medio ambiente y al mismo tiempo ser más competitiva con el uso eficiente de sus recursos. Por último, las PyMEs tienen llegada directa con sus empleados para involucrarlos en procesos de creación de valor económico, social y ambiental para la empresa y la sociedad; y también pueden ser proactivas en la concientización sobre la importancia de una gestión empresarial atravesada por la “sostenibilidad”.

Una vez identificado y analizado el sector productivo sobre el cual se centró la investigación, se procedió a estudiar algunas de las herramientas de estrategia ambiental, mencionadas anteriormente; con el fin de arribar a conclusiones sobre aquellas de ser susceptibles de mejorar la competitividad de las organizaciones con su aplicación.

2. ESTRATEGIA AMBIENTAL EN PYMES.

Los sectores productivos constituidos por PyMEs juegan un rol fundamental dentro de la economía nacional, referido a la producción de bienes y servicios. En consecuencia, tienen un alto grado de responsabilidad por el impacto que generan en el medio ambiente regional en el cual se encuentren emplazadas.

Por lo expuesto, se consideró relevante analizar y determinar la situación actual en cuanto a la implementación de estrategias ambientales a través de diferentes herramientas para un modelo de desarrollo sostenible.

2.1. Herramientas de aplicación para alcanzar la sostenibilidad en PyMEs.

En este apartado se presentan algunas de las herramientas posibles de aplicar en las PyMEs con el fin de lograr la puesta en práctica de la “sostenibilidad”.

- Capacitación para el desarrollo sostenible
- Reportes de Sostenibilidad GRI (Global Reporting Initiative)
- RSE (Responsabilidad Social Empresaria)

- Indicadores de Gestión Ambiental
- Aplicación de Norma ISO 14001/15
- Producción Limpia (P+L)
- Marketing Ecológico / Ecodiseño
- Análisis del Ciclo de Vida (ACV)
- Logística Inversa
- Economía Circular
- Benefit Corporations (BCorp)

2.1.1. Capacitación para el desarrollo sostenible.

La capacitación para el desarrollo sostenible hace referencia al uso de diferentes herramientas para lograr un cambio de paradigma en las culturas de las organizaciones. La capacitación es clave para llevar a las empresas hacia la sostenibilidad como nuevos modelos empresariales. Por eso es fundamental que las empresas tomen la decisión de capacitar a su personal con el fin de llevar adelante programas de desarrollo sostenible enfocados en los aspectos sociales, económicos y ambientales; generando así hábitos productivos amigables con el medio ambiente.

2.1.2. Reportes de Sostenibilidad GRI (Global Reporting Initiative).

Es una herramienta fundamental de comunicación del desempeño económico-financiero, social y medioambiental de las organizaciones; y de apoyo a la gestión socialmente responsable [1].

La elaboración de una memoria de sostenibilidad comprende la medición, divulgación y rendición de cuentas frente a grupos de interés internos y externos en relación con el desempeño de la organización con respecto al objetivo del desarrollo sostenible.

Vale la pena destacar que las PyMEs que decidan emprender este proceso tendrán la oportunidad de conocerse mejor, de fortalecer sus planes de gestión y consolidarse como proveedores confiables y comprometidos con la sostenibilidad.

Una memoria de sostenibilidad deberá proporcionar una imagen equilibrada y razonable del desempeño en materia de sostenibilidad por parte de la organización informante, e incluirá tanto contribuciones positivas como negativas. Las memorias de sostenibilidad basadas en el marco de elaboración de memorias del GRI [2] lograrán resultados que se obtengan dentro del correspondiente periodo informativo, atendiendo a los compromisos, la estrategia y el enfoque directivo adoptado por la organización. Las memorias se pueden utilizar, entre otros, para los siguientes propósitos:

- Estudio comparativo y valoración del desempeño en materia de sostenibilidad con respecto a leyes, normas, códigos, pautas de desempeño e iniciativas voluntarias.
- Demostración de cómo una organización influye en, y es influida por, las expectativas creadas en materia de desarrollo sostenible.
- Comparación del desempeño de una organización y entre distintas organizaciones a lo largo del tiempo.

2.1.3. Responsabilidad Social Empresaria (RSE).

La Responsabilidad Social Empresaria apunta al compromiso consciente y congruente de cumplir integralmente con la finalidad de la empresa, tanto en lo interno como en lo externo, considerando las expectativas económicas, sociales y ambientales de todos sus participantes, demostrando respeto por la gente, los valores éticos, la comunidad y el medio ambiente, contribuyendo así la construcción del bien común. Se entiende entonces a la RSE, como un cúmulo de prácticas que aceptan las empresas, con la finalidad de armonizar y lograr sobre todo un equilibrio entre las dimensiones de rentabilidad económica, derechos humanos, bienestar social y protección ambiental. Por lo cual, su implementación en las PyMEs, le genera la posibilidad de una ventaja competitiva dando un valor agregado a la sociedad e impactando positivamente en ella [3].

A través de la implementación de la norma ISO 26000 las PyMEs pueden lograr ser más responsables socialmente. Esta norma internacional tiene como objetivo asesorar a las organizaciones y fomentar el desarrollo sostenible. Los principios sobre los que se basa son los siguientes:

- Rendición de cuentas, por tanto, los ciudadanos deben vigilar y evaluar si las organizaciones actúan de modo correcto y no abusan de su poder.
- Transparencia, deben ser claros en su modo de actuar.
- Tener un comportamiento ético.
- Respetar los intereses de todos los interesados.
- Respetar el principio de legalidad.
- Seguir la normativa internacional de comportamiento.
- Respetar los derechos humanos.

(Ver Figura 1)



Figura 1 Principios de la RSE [5]

2.1.4. Indicadores de Gestión Ambiental.

Una de las herramientas de gran apoyo para el seguimiento y medición de resultados es el uso de indicadores, los cuales sirven para facilitar información comparable sobre sus impactos. Son datos cuantitativos utilizados por las empresas, como por ejemplo el consumo de agua, salud, seguridad, derechos humanos, entre otros.

Los indicadores ambientales pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Indicadores de comportamiento medioambiental: son aquellos que miden la eficiencia y el desempeño ambiental de las operaciones o procesos dentro de la organización.
- Indicadores de gestión medioambiental: son aquellos que miden los esfuerzos de la gerencia para influenciar el desempeño ambiental de la organización. Por ejemplo, el número y resultados de las auditorías medioambientales realizadas, estas cifras sirven para el control interno y de información, pero no reflejan el comportamiento medioambiental real.
- Indicadores de situación medioambiental: son aquellos que proporcionan información acerca de las condiciones del ambiente en el ámbito local, regional o global.

(Ver Figura 2)

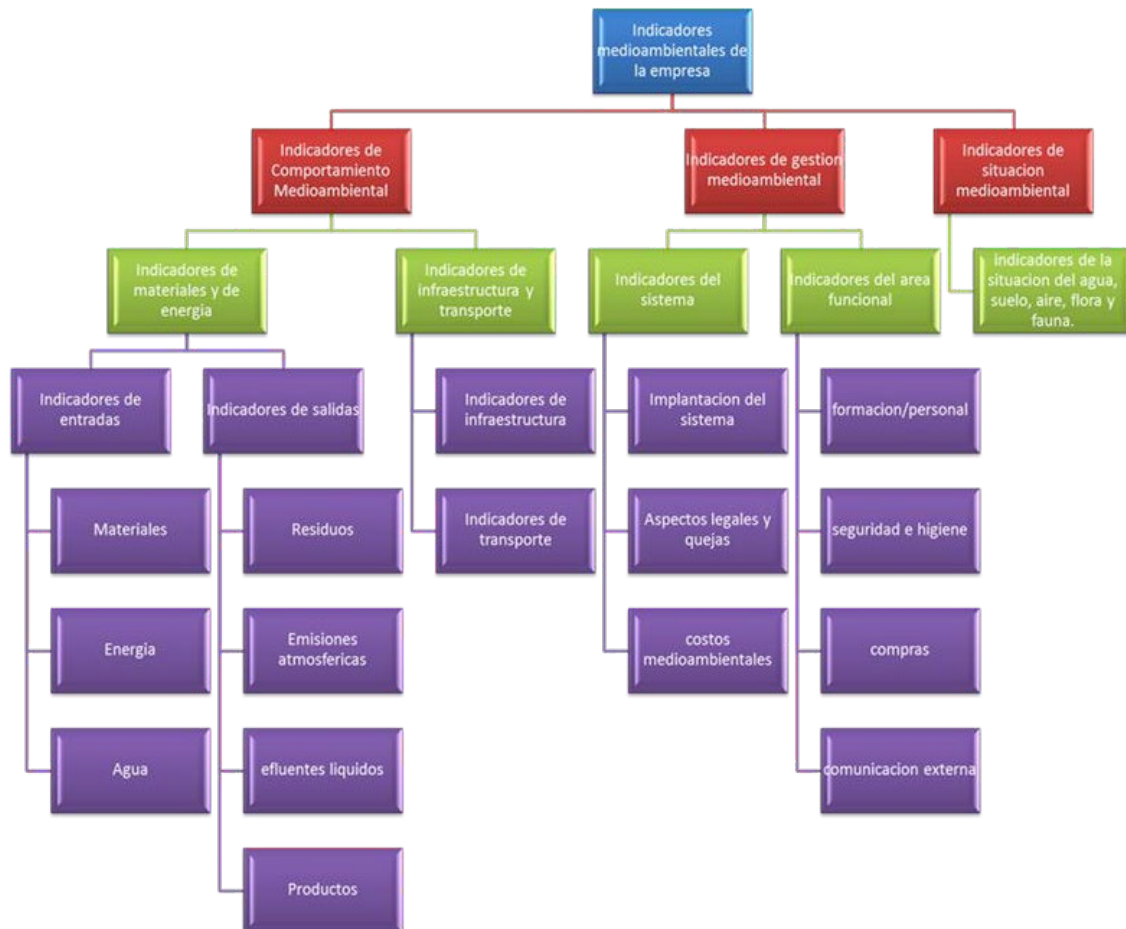


Figura 2 Indicadores Medioambientales [6]

En el caso de las PyMEs por lo general es suficiente comenzar por indicadores de comportamiento medioambiental, que son los que pueden permitir el mayor potencial de ahorro económico [7]. Para el caso de las grandes empresas, por lo general, incluyen los de gestión medioambiental. Mientras que los de situación medioambiental suelen resultar interesantes para aquellas empresas que son las causantes del daño.

Otro tipo de método para observar la incidencia, por parte de los procesos productivos de las PyMEs sobre el medio ambiente, es la aplicación de indicadores biofísicos de sostenibilidad entre los cuales podemos mencionar la huella ecológica, la huella de carbono y la huella hídrica.

2.1.4.1. Huella ecológica

El objetivo fundamental de calcular la huella ecológica consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y compararlo con la biocapacidad del mismo. Se trata, pues, de un indicador clave para la sostenibilidad. En el caso de una empresa la misma se puede calcular obteniendo la relación entre el consumo y la productividad [8].

2.1.4.2. Huella de Carbono e Hídrica

Las empresas cada vez más se interesan en los indicadores como la huella de carbono y la huella hídrica de sus productos; y los cuales se basan en el concepto de Análisis del Ciclo de Vida.

La huella de carbono de una organización es la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto a través de la actividad que desarrolla dicha organización, bien sea la actividad necesaria para la fabricación de un producto, para la prestación de un servicio, o para el funcionamiento de una organización. Mientras que la huella hídrica hace referencia tanto al uso directo del agua de un consumidor o productor, como a su uso indirecto.

Las normas ISO 14046, 14067 y 14069 son guían para el cálculo de este tipo de huellas factibles de ser implementadas en las PyMEs.

2.1.5. Aplicación de Norma ISO 14001/15.

La serie de normas ISO 14000 es un conjunto de normas internacionales publicadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO), que incluye la Norma ISO 14001 que expresa cómo establecer un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo. La norma ISO 14001 es aplicable a cualquier organización, de cualquier tamaño o sector, que esté buscando reducir los impactos en el ambiente y cumplir con la legislación en materia ambiental.

Los sistemas de gestión orientados al cuidado del medio ambiente permiten a las organizaciones prevenir riesgos, mejorar su rentabilidad y desarrollarse de manera sustentable, fijando objetivos como la reducción de emisiones, de residuos y de costos.

Estas medidas preservan los recursos naturales y crean nuevas oportunidades de desarrollo económico para las empresas, siendo un medio para la optimización de los procesos y demostrando su compromiso hacia el entorno.

A continuación, se mencionan algunos beneficios con su implementación:

- Asegurar el cumplimiento con los requisitos legales
- Identificar riesgos ambientales
- Diseñar y desarrollar procesos ambientalmente compatibles
- Contribuir con el desarrollo sustentable
- Gestionar adecuadamente los residuos
- Administrar eficientemente los recursos y la prevención de accidentes ambientales

(Ver Figura 3)



Figura 3 Beneficios de la ISO 14001 [9]

Dentro de la familia de las ISO 14000 se encuentran una serie de normas factibles de ser aplicadas en las PyMEs; entre las cuales se hallan [10]:

- ISO 14001-2015: Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
- ISO 14004-2016: Sistemas de gestión ambiental. Directrices generales sobre la implementación.
- ISO 14005-2010: Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la implementación de un sistema de gestión ambiental por etapas, incluyendo el empleo de la evaluación del desempeño ambiental.
- ISO 14006-2011: Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño.
- ISO 14020-2000: Etiquetas y declaraciones ambientales. Principios generales.
- ISO 14031-2013: Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental. Directrices.
- ISO 14040-2006: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- ISO 14045-2012: Gestión ambiental. Evaluación de la ecoeficiencia del sistema del producto. Principios, requisitos y directrices.
- ISO 14046-2014: Gestión ambiental. Huella de agua. Principios, requisitos y directrices.
- ISO 14064 (Parte 1, 2 y 3): Gases efecto invernadero.
- ISO 14067-2018: Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación.
- ISO 14069-2013: Gases de efecto invernadero. Cuantificación e informe de las emisiones de gases de efecto invernadero para las organizaciones. Orientación para la aplicación de la Norma ISO 14064 Parte 1.

2.1.6. Producción Limpia (P+L).

La Producción más Limpia (P+L) es una estrategia preventiva que se aplica a los procesos, productos y servicios, con la finalidad de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente [11].

La aplicación de la Producción más Limpia puede ayudar a las empresas a mejorar sus ganancias por medio de la reducción de costos de producción. La P+L se caracteriza por ser la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada que tiene el propósito, entre otros, de aumentar la eficiencia global y reducir riesgos para las personas y el medio ambiente.

La implementación de P+L en una PyME, al igual que en cualquier organización, se aplica tanto en sus procesos, productos y servicios. Su aplicación a procesos se hace por medio de la conservación de materia prima, agua y energía; eliminación de materia prima tóxica y reducción en origen de la cantidad y toxicidad de las emisiones y de los residuos generados. La aplicación a los productos se realiza por medio de la reducción de los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida, desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final. Y, por último, a los servicios, por medio de la incorporación de cuestiones ambientales en sus fases de planificación.

En la Figura 4 se puede observar como implementando algunas mejoras en los procesos y en el producto se puede reducir determinados riesgos y costos; y mejorar a su vez, la eficiencia de los procesos productivos la calidad de su producto y/o servicio y sobre todo la imagen de la empresa.



Figura 4 Producción más Limpia [12]

2.1.7. Marketing Ecológico / Ecodiseño.

Este concepto se halla estrechamente ligado al desarrollo sostenible, ya que equivale a optimizar tres objetivos: crecimiento económico, equidad social y valor ecológico [13].

Al Marketing se lo define como “al conjunto o sistema de actividades organizadas que tienen un enfoque u orientación a la satisfacción de las necesidades y deseos del consumidor, y a lograr los objetivos de la organización en cuanto al volumen de ventas”, es decir, que la demanda de los productos y servicios sea en forma rentable. Por lo cual, el Marketing Ecológico es “la manera en la que se percibe y lleva a cabo la relación de intercambio, con el propósito de que sea satisfactoria para las partes interesadas, la sociedad y el medio ambiente, mediante el desarrollo, valoración, distribución y promoción de los bienes, servicios o ideas que la contraparte necesita, de forma que, ayudando a la preservación y mejora del medio ambiente, éstos contribuyan al desarrollo sostenible

de la economía y la sociedad" [14]. El Marketing Ecológico tiene como propósito crear bienes que satisfagan las necesidades de los consumidores, a un precio razonable y cuyo impacto medioambiental sea mínimo.

Las PyMes que decidan definirse como "empresa verde" puede otorgar muchos beneficios, entre ellos, la sitúa con un mejor posicionamiento de la marca. Además, le servirá para llevar ventaja frente a otras organizaciones que no adoptan esta estrategia. Por otro lado, los clientes la valorarán con un atributo extra, es decir usar el marketing sostenible le añadirá el atributo de ser capaz de gestionar eficientemente sus valores éticos, sociales y medioambientales.

Como una aplicación asociada al Marketing Ecológico se puede mencionar al Ecodiseño, el cual se encuentra estrechamente ligado al "diseño sostenible"; el cual considera acciones orientadas a la mejora ambiental del producto o servicio en todas las etapas de su ciclo de vida, desde su creación en la etapa conceptual, hasta su tratamiento como residuo (Ver Figura 5).



Figura 5 Ecodiseño [15]

Las diez consideraciones ambientales referidas al ecodiseño son [16]:

1. Uso de materiales con menos impacto ambiental
2. Reducción del uso de los materiales en la fabricación de productos
3. Reducción del uso de los recursos interviniente en el proceso productivo
4. Reducir la contaminación y los desperdicios
5. Disminuir los impactos ambientales de la distribución de productos
6. Tender a asegurar que los productos utilicen menos recursos cuando los utilicen los clientes finales
7. Lograr que los productos causen menos desperdicio y contaminación cuando están en uso
8. Optimizar la función de los productos y garantizar la vida útil más adecuada
9. Facilitar la reutilización y el reciclaje
10. Reducir el impacto ambiental de la eliminación

Cabe resaltar que el concepto de Ecodiseño también es contemplado incluso por la norma ISO 14006 y la cual lo define como "la integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo del producto con el objetivo de reducir los impactos ambientales adversos a lo largo del ciclo de vida de un producto" [8].

2.1.8. Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

Es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia: extracción, producción, distribución, uso y fin de vida (reutilización, reciclaje, valorización y eliminación/disposición de los residuos/desecho).

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es por tanto una metodología empleada en el estudio del ciclo de vida de un producto y de su proceso de producción, con el fin de evaluar el impacto potencial sobre el ambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la cuantificación del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas, agua) y emisiones ambientales ("salidas" al aire, agua y suelo), asociados con el sistema que se está evaluando.

El ACV se divide en cinco etapas: extracción, producción, distribución, uso y fin de vida. A través de la Figura 6 se pueden observar las cinco etapas referidas a la aplicación del ACV [17].



Figura 6 Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

A nivel normativo, el Comité Internacional de Estandarización (ISO) ha establecido una serie de normas para la estandarización de la metodología de Análisis del Ciclo de Vida. La norma ISO 14040 establece los principios y el marco de referencia y la ISO 14044 que establece los requisitos y directrices: definición del alcance, procedimientos de recogida de datos para crear el inventario de ciclo de vida, fase de cálculo de impactos ambientales, interpretación de resultados, etc.

El ACV es una herramienta útil para la toma de decisiones relativas a la mejora ambiental. Dicha aplicación, combinada con estrategias económicas, sociales y laborales, puede transformarse en una estrategia empresarial que lleve a las PyMEs a ser más competitivas.

2.1.9. Logística Inversa.

La logística inversa es aquella que analiza los procesos logísticos relacionados con el retorno de productos desde el consumidor al productor, el reciclaje, la reutilización de materiales y componentes, la eliminación de residuos y las operaciones de reacondicionamiento, reparación y re-fabricación [18] (Ver Figura 7). La gestión de productos devueltos tiene como objetivo recuperar tanto valor económico y ecológico como sea posible; reduciendo de esta forma las cantidades finales de residuos.

La implementación de lo que se conoce como logística inversa en una organización se ha convertido en el último tiempo una variable estratégica para obtener ventajas competitivas.



Figura 7 Logística Inversa [19]

Para llevar adelante la incorporación de la logística interna en una PyME existen técnicas para que los productos o diferentes elementos de la empresa retornan a la misma, ya sea desde un punto de distribución (por ejemplo: punto de retorno de envases) o desde el cliente final (devolución de una prenda de ropa).

2.1.10. Economía Circular.

La economía circular es un modelo que se basa en la producción de bienes y servicios de manera sostenible; es decir, realizar productos que minimicen los posibles impactos ambientales, conseguir que los productos y recursos mantengan su utilidad y valor el mayor tiempo posible; y no tenga un coste elevado [20].

El objetivo de la economía circular se la puede visualizar en la Figura 8.



Figura 8 *Objetivos de la Economía Circular* [21]

La economía circular se la define también como una estrategia que permite crear valor mediante la gestión de recursos, bienes y servicios a través de la reducción, reutilización y reciclaje de los elementos involucrados en los procesos productivos (Ver Figura 9).

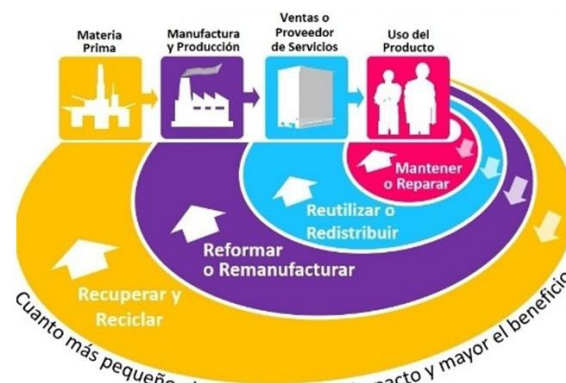


Figura 9 *Economía Circular* [22]

La aplicación de la economía circular en las PyMEs, además de lograr una mayor competitividad y un crecimiento económico, pasa a mejorar la calidad de vida de las personas que conforman dicha organización a través de la creación de empleo y genera condiciones propicias para el desarrollo sostenible desalentando el uso de recursos no renovables intervinientes en su proceso productivo.

2.1.11. Benefit Corporations (BCorp).

El BCorp es una herramienta de evaluación de sostenibilidad y que pretende tener un impacto tanto en lo económico, social y ambiental. Las empresas que certifican “Empresas B” buscan solucionar problemas sociales y ambientales a partir de los productos y servicios que comercializan; para ello ponen el propósito empresarial al centro de su modelo de negocio. Alineado, se consideran las acciones de la empresa en cinco áreas: Gobernanza, Trabajadores, Clientes, Comunidad y Medioambiente (Ver Figura 10).

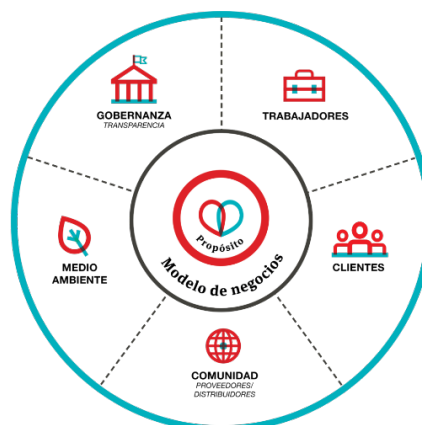


Figura 10 *BCorp* [23]

La certificación como Empresas B es otra alternativa para que las PyMEs puedan lograr ser más competitivas en cuanto al uso de estrategias ambientales, diferenciándose así de sus competidores.

2.2. Modelo de Desarrollo Sostenible.

En el mundo actual donde su población crece de forma exponencial, la presión sobre los recursos naturales es sin precedentes. Dado esta situación en el 2015, los países del mundo adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y por ello definieron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible; cuya finalidad es lograr un modelo distinto de generar desarrollo que promueva bienestar para las Personas, Planeta, que genere Rentabilidad, Paz y Alianzas Estratégicas.

Es por esto, que las empresas tienen en la actualidad un rol más protagónico que en el pasado. Sus actividades y decisiones tienen un impacto económico, social y ambiental tanto a una escala local como global. Las empresas que quieran mantenerse en el mercado y ser competitivas tienen la responsabilidad de enmarcarse bajo parámetros de producción responsable y principios de desarrollo sostenible. Para ello cuentan con diferentes herramientas, como las que se ha descrito en el anterior apartado, para dar cumplimiento a estos cambios de paradigmas empresariales [24].

3. CONCLUSIONES.

Se concluye que el Desarrollo Sostenible es una temática de gran impacto social, sobre la cual hay que educar y concientizar a toda la población, especialmente a quienes están al mando y trabajan en empresas productivas, para entender que estas prácticas no deben ser vistas como un costo para la empresa, sino como una inversión que trae aparejada grandes beneficios. Por otro lado, que visualicen oportunidades de mejora en los procesos productivos reduciendo de esta manera el impacto ambiental, y así mismo lograr ahorros económicos.

Siguiendo prácticas sostenibles, una PyME puede mejorar su negocio, comenzar a incorporar responsabilidad con el medio ambiente y al mismo tiempo ser más competitiva con el uso eficiente de sus recursos.

Por tal motivo se llevó adelante un análisis de la situación actual en cuanto a la implementación de estrategias ambientales a través de diferentes herramientas para un modelo de desarrollo sostenible.

La implementación de cualquiera de las mencionadas herramientas, ó la combinación de ellas, le permitirá a las PyMEs aplicar un modelo de negocio cuyo eje central será el “desarrollo sostenible”.

4. REFERENCIAS.

- [1] Fortuna, Claudia (2017). “GRI STANDARDS: Nuevos estándares globales para la elaboración de reportes de sustentabilidad”. Consejo Digital. <<https://archivo.consejo.org.ar/consejodigital/RC42/fortuna.html>>.
- [2] GRI Standards. <<https://www.globalreporting.org/standards/>>.
- [3] Aguilera Castro, Adriana y Puerto Becerra Doria P. (2012). “Crecimiento empresarial basado en la Responsabilidad Social”. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-62762012000100002&script=sci_arttext&tlng=en>.
- [4] Fernández Victoria (2018). “ISO 26000, ¿en qué consiste esta norma?”. <<https://geoinnova.org/blog-territorio/medioambiente-iso-26000/>>.
- [5] Fundación Hondureña de Responsabilidad Social Empresarial - FUNDAHRSE. <<http://fundahrse.org/fundahrse/responsabilidad-social-empresarial/>>.
- [6] Cariello, Jorgelina L. (2014). “Identificación y alcance del uso de Indicadores de Desempeño Ambiental en las industrias del Gran La Plata”. COINI 2014. Puerto Madryn, Argentina.
- [7] López Sardi, Estela Mónica y Cattáneo Maricel Patricia (2013). “Los indicadores ambientales como herramientas de la economía”. <https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_19.pdf>.
- [8] Doménech Quesada, Juan L. y Arenales, Mónica G. (2008). “La Huella Ecológica de las empresas: 4 años de seguimiento en el puerto de Gijón”. <http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/Bitacora/Entradas/2008/5/30_La_Huella_ecologica_de_las_empresas__4_anos_de_seguimiento_en_el_puerto_de_Gijon_files/OIDLES.%20LA%20HUELLA%20ECOLO%CC%81GICA%20DE%20LAS%20EMPRESAS.%204%20>

AN%CC%83OS%20DE%20SEGUIMIENTO%20EN%20EL%20PUERTO%20DE%20GIJO%CC%81N.pdf>

- [9] Grupo ACMS Consultores. <<https://www.grupoacms.com/norma-iso-14001.php>>.
- [10] Normas ISO. <<https://www.iso.org/obp/ui/es/#home>>.
- [11] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI. “*Introducción a la Producción más Limpia*”. <https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf>.
- [12] País Dominicano Temático (2018). “*Producción más limpia: una estrategia frente al cambio climático*”. <<https://paisdominicanotematico.com/2018/11/11/produccion-mas-limpia-una-estrategia-frente-al-cambio-climatico/>>.
- [13] Tiempo de Negocios (2018). “*¿Sabes qué es el Marketing Ecológico?*”. <<https://tiempodenegocios.com/marketing-ecologico/>>.
- [14] Fernández, Manuel Antonio (2016). “*¿Qué es el Marketing verde o ecológico?*”. Mglobal, Marketing Razonable. <<https://mglobalmarketing.es/blog/marketing-verde-ecologico-como-se-aplica-y-beneficios/>>.
- [15] Laura López Domínguez, Laura (2011). “*Ecodiseño*”. Escuela de Organización Industrial. <<https://www.eoi.es/blogs/lauralopezdominguez/28/>>.
- [16] Decología.info. Medio Ambiente y Sociedad. “*Ecodiseño: Definición, Principios, Ventajas, Usos, Tipos Y Más*”. <<https://decologia.info/medio-ambiente/ecodisenos/>>.
- [17] Haya Leiva, Esperanza (2016). “*Análisis de Ciclo de Vida*”. Escuela de Organización Industrial.
- [18] Rentero, Antonio (2018). “*La logística inversa: ¿qué es y para qué sirve?*”. <<https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/la-logistica-inversa-que-es-y-para-que-sirve/>>.
- [19] Profitline. (2017). “*Las 5 ventajas de implementar un proceso de logística inversa en tu empresa*”. <<https://profitline.com.co/blog-las-ventajas-de-implementar-la-logistica-inversa-en-tu-empresa/>>.
- [20] Zacarías Farah, Adriana. (2018). “*¿Qué es la economía circular y cómo cuida del medio ambiente?*”. <<https://news.un.org/es/interview/2018/12/1447801>>.
- [21] Primer Seminario Internacional de Economía Circular. (2019). Ecuador. <<http://www.economiacircularecuador.com/>>.
- [22] Gobierno de Argentina. “*Gestión integral de residuos. Hacia una economía circular*”. <<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/preservacion-control/gestionresiduos>>.
- [23] Sistema B. “*Cómo me sumo*”. <<https://sistemab.org/movimiento-global/>>.
- [24] Rovira, Sebastián y Hiriart, Cecilia (2014). “*Innovación sustentable: espacios para mejorar la competitividad de las pymes argentinas*”. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Tecnologías que promueven la fertilidad de los suelos para la sostenibilidad de los sistemas productivos

de los Ríos, A.*; Clozza, M.; Garrido, G.; Leiva, D.; Amato, A.

*Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Provincia de Buenos Aires.
Argentina. adelosrios@unlam.edu.ar*

RESUMEN

La demanda por alimentos de calidad crece exponencialmente a nivel mundial. El desafío actual es la producción agrícola empleando técnicas e insumos que preserven el ambiente garantizando la sostenibilidad del sistema productivo, siendo de relevancia el aumento y/o mantenimiento de la fertilidad del suelo. Los cultivos convencionales utilizan productos de síntesis química, mientras que la producción orgánica se vale de alternativas naturales de incorporación y/o disponibilidad de nutrientes en el suelo. En la nutrición vegetal es particularmente importante el Fósforo (P), siendo escasos los materiales para proveerlo que estén aprobados por la normativa orgánica. El objetivo general de este proyecto es evaluar el efecto de la incorporación de estos materiales sobre el contenido de Fósforo en el suelo y el material vegetal. Los experimentos constaron de los siguientes tratamientos: i) Testigo: situación inicial del suelo y las especies vegetales autóctonas; ii) Distintos materiales caracterizados como aportes de P, no obtenidos de síntesis química. Tanto el Compost como los Microorganismos no aportaron prioritariamente P, si bien el agregado de materia orgánica y actividad biótica en el suelo facilitó su disponibilidad y absorción. Los tratamientos con Harina de hueso y su combinación con Microorganismos incrementaron el P en el suelo, aunque la forma química en la que se encontraba no lo hizo disponible en forma inmediata para ser absorbido por los vegetales. Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento fueron similares a los disponibles por los agricultores. La provisión de Harina de hueso y Microorganismos, así como la obtención local de Compost a partir de residuos de distinto origen, permitiría repetir las prácticas de incorporación. Esta característica de repetibilidad promueve la apropiación por parte de la comunidad de los resultados de la investigación, posibilitando la transferencia de una tecnología simple y practicable.

Palabras clave: Huertas urbanas; Fósforo; manejo orgánico; Partido de La Matanza

ABSTRACT

Consumers demand for quality food grows exponentially worldwide. The current trend is agricultural production using techniques and inputs that preserve the environment, guaranteeing sustainability and increasing soil fertility. Conventional agriculture uses chemical synthetic products, while organic production uses natural alternatives for incorporation and availability of nutrients in soil. Phosphorus (P) is particularly important in plant nutrition, but only a few materials to provide it are approved by organic regulations. The aim of this project is to evaluate the effect of incorporating these materials on phosphorus content in soil and plants. Treatments were: i) Control: initial situation of soil and native plant species; ii) Different materials characterized as P providers and accepted for organic production. Incorporation of compost and microorganisms did not provide P, although the addition of organic matter and biotic activity facilitated P availability and absorption. Treatments with bone meal and its combination with microorganisms increased P content in soil, but the chemical form it was did not make it available immediately to be absorbed by the vegetables. Production conditions and materials tested in this experiment are available by farmers. Provision of bone meal and microorganisms, and compost obtained with residues of different origin, would allow repeating the incorporation practices. This repeatability characteristic promotes the community appropriation of the results of this research, transferring a simple and feasible technology.

1. INTRODUCCIÓN

El origen del Fósforo (P) del suelo es la roca madre, encontrándose en forma orgánica e inorgánica. Entre los componentes orgánicos encontramos residuos vegetales y animales, organismos vivos y la materia orgánica humificada, existiendo una fracción más fácilmente mineralizable (más lábil) y otra más resistente. Dentro del inorgánico podemos encontrar una fracción muy pequeña de P en solución, además de estar adsorbido a coloides del suelo, precipitado, o en los minerales primarios. La planta absorbe el P que está en solución, el cual se va reponiendo mediante un lento mecanismo de difusión, además del que puede pasar a la solución durante el ciclo del cultivo. El P inorgánico es así el principal responsable de la renovación del P en solución absorbido por las plantas, siendo mínima su presencia en la solución. Al ser absorbida, otras formas van reponiéndola con distinta velocidad. Esta fuerte interacción del P con la fase sólida del suelo hace que posea una muy baja movilidad en el perfil y una baja concentración en la solución del suelo.

Desde el punto de vista de la nutrición vegetal se puede clasificar entonces al P del suelo en tres fracciones: i) el P en solución (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}); ii) el P lábil, que incluye fosfatos adsorbidos, orgánicos y precipitados con Fe, Ca y Al; y iii) el P no lábil, constitutivo de minerales primarios y secundarios. La fracción de P en solución es la forma que se encuentra disponible para las plantas. Los principales factores del suelo que afectan la disponibilidad del P presente para el cultivo incluyen la textura, su aireación y compactación, el contenido de materia orgánica, el pH y la temperatura y humedad.

Las formas de aporte de P al suelo en producciones intensivas se pueden resumir en: i) la roca fosfórica, que puede ser utilizada en planteos orgánicos previo control de concentración de metales pesados; ii) abonos orgánicos (compost de origen vegetal, animal o combinado), con baja concentración de fósforo, que oscilan entre 0,15% y 1,70%; iii) los microorganismos del suelo, ya sea a través de la descomposición de los residuos y la mineralización de la materia orgánica liberando P a la solución del suelo, o mejorando el aprovechamiento del P edáfico (micorrizas, *Pseudomonas* y *Azospirillum*); iv) la harina de hueso, material con más solubilidad que la roca fosfórica.

El muestreo de P del suelo se realiza, en general, hasta los 20 cm de profundidad debido a su baja movilidad. Para saber si el suelo contiene un adecuado nivel de P extractable, el valor obtenido en laboratorio es comparado con un valor umbral, el cual determina el estado de suficiencia del nutriente.

1.1. Problemática a investigar

Un tema de gran relevancia cuando se habla de producción agroecológica, y en particular orgánica, lo constituye el principio básico del aumento y/o mantenimiento de la fertilidad del suelo. Su caracterización y manejo es un componente esencial de la productividad de los agroecosistemas. Resulta fundamental conocer los procesos que hacen a la disponibilidad de nutrientes, su sincronización con los requerimientos de los cultivos, el manejo de la materia orgánica y la preservación de la calidad física y biológica del suelo. Asimismo, es importante el conocimiento de las prácticas que atienden al manejo integral de la fertilidad en el marco de un uso sostenible de los recursos.

Los cultivos convencionales utilizan productos de síntesis química a fin de garantizar la productividad y el mantenimiento de las condiciones nutricionales del suelo, siendo varios de ellos cuestionados por ser perjudiciales para el ambiente y la salud humana. Por su parte, la producción agroecológica se vale de otras alternativas naturales de incorporación y/o disponibilidad de nutrientes en el suelo.

1.2. Fósforo: contenido y disponibilidad

Entre los elementos esenciales en la nutrición mineral es particularmente importante el P, dada su importancia relativa en el crecimiento y desarrollo del cultivo, así como su presencia en el suelo. Forma parte de los nucleótidos fosfato, interviniendo por ello en los procesos metabólicos involucrados en la transferencia y almacenamiento de energía; es constituyente de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y de los fosfolípidos de las membranas. Participa en la regulación del pH de las células, como así también en la formación de los órganos reproductores durante la etapa de maduración de semillas y frutos. Es un elemento muy móvil en la planta, particularmente presente en células meristemáticas, de metabolismo muy activo. La movilidad del P en el suelo es muy limitada, y por lo tanto las raíces pueden absorberlo solamente de su entorno inmediato. Dado que la cantidad de este elemento en la solución del suelo es baja, la mayor parte de la absorción es activa, contra el gradiente de la concentración.

Una adecuada provisión de este elemento en un sistema de producción orgánica, ya sea a través de su agregado o su aumento en la solución del suelo, puede lograrse mediante la incorporación de los siguientes materiales:

- Roca fosfórica: se obtiene de depósitos geológicos, siendo la apatita, un mineral de fosfato de calcio, el componente principal. La mayoría de la roca fosfórica se utiliza para producir fertilizantes

fosfatados solubles, de fácil disolución al ser agregados al suelo, pero éstos no son aceptados por la normativa de producción orgánica. Cuando la roca fosfórica se añade directamente al suelo se disuelve lentamente para liberar gradualmente los nutrientes, pero en algunos suelos la velocidad de disolución puede ser demasiado lenta para sostener el crecimiento del cultivo. La efectividad de la fertilización con roca fosfórica depende del pH del suelo (preferentemente condiciones ácidas), la capacidad de fijación de P del suelo (se incrementa con un alto contenido de arcillas), un alto contenido de materia orgánica y bajo de Calcio, la incorporación con la labranza y la especie a implantar [1].

- **Humus:** el contenido de materia orgánica en el suelo favorece la actividad de los microorganismos, y con ello la estructura del mismo. La porosidad así lograda permite equilibrar su aireación y humedad, mejorando la disponibilidad del P. Además, la capacidad de intercambio catiónico del compost facilita la adsorción de otros elementos nutritivos y la pronta disponibilidad en la solución del suelo [2].
- **Microorganismos:** las cepas de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Rhizobium* se encuentran entre la mayoría de los microorganismos solubilizadores de P. El principal mecanismo para la solubilización del fosfato mineral es la reducción del pH del suelo por la producción microbiana de ácidos orgánicos, mientras que las fosfatasas ácidas desempeñan un papel importante en la mineralización del fósforo orgánico en el suelo. Estas bacterias también aumentarían las perspectivas de la utilización de rocas fosfóricas que, con un alto contenido de P total pero con baja reactividad y lenta disolución, proveen de escasa nutrición al cultivo [3-5].
- **Harina de hueso:** es otra alternativa para la fertilización con P, siendo más soluble que la roca fosfórica. El hueso comercial es un producto que es tratado a altas temperaturas eliminándose el potencial de transmitir enfermedades.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el predio de la Huerta Experimental Orgánica de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina (34° 59' S, 58° 48' O).

Como investigación exploratoria se analizaron los suelos de distintos sitios georeferenciados dentro de la huerta, a fin de estudiar su homogeneidad y/o variabilidad en parámetros que pueden modificar efectos sobre los resultados. A partir de técnicas específicas se ensayaron distintas metodologías físico-químicas y químicas para la caracterización de los suelos. Se ajustaron los procedimientos que pudieron ser realizados con el instrumental existente en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de La Matanza, particularmente aquellos colorimétricos realizados con el espectrofotómetro UV-visible. Se cuantificaron varios parámetros, tales como la determinación del pH y la conductividad eléctrica (C.E., mS/cm) (peachímetro y conductivímetro HANNA Combo Tester Modelo HI98129, contenido de Materia Orgánica (MO %), Carbono fácilmente oxidable (CO %) (método de Walkley-Black) y contenido de Fósforo (P %) (espectrofotómetro UV-visible). Para el material vegetal cosechado en cada punto se midió el contenido de Fósforo (P %).

A partir de los resultados obtenidos en una primera etapa del experimento se procedió al montaje y seguimiento del mismo por el término de seis meses. El experimento constó de distintos tratamientos: un testigo, utilizando el suelo tal cual en cada punto georeferenciado de la zona, y tratamientos con cada uno de los materiales incorporados: Compost, Harina de hueso, Microorganismos. El diseño experimental determinó la cantidad de repeticiones necesarias para realizar el posterior análisis estadístico de los resultados obtenidos. Dada la homogeneidad encontrada en las características físicoquímicas del suelo en las distintas parcelas, se pudo realizar un diseño completamente aleatorizado (DCA). El mismo constó de 5 tratamientos y 6 repeticiones por cada uno de ellos, quedando así 30 sitios de 1m². Los tratamientos fueron dispuestos en el terreno en forma aleatorizada.

Las muestras de suelo se tomaron en la zona central de cada parcela, 3 muestras en una transecta diagonal, dejando unos 20cm perimetrales a fin de evitar un efecto bordura. Se utilizó un barreno, extrayendo el suelo de los primeros 20cm. En laboratorio, luego del secado al aire de las mismas, se homogeneizaron las 3 muestras de cada parcela, conformando así una muestra compuesta. Este procedimiento se realizó previo a la aplicación de los tratamientos y a la finalización del experimento. Las muestras de material vegetal se tomaron en la misma zona central de cada parcela donde se muestreó el suelo; se cosechó el material vegetal aéreo que creció en forma espontánea, compuesto principalmente por gramíneas. En laboratorio fue secado a estufa hasta peso constante, y se procesó con molinillo eléctrico hasta un tamaño de partícula adecuado para su análisis químico. Finalizado el tiempo establecido se obtuvieron nuevamente muestras de suelo y material vegetal de los mismos sitios, procediendo a cuantificar los mismos parámetros que en la primera etapa.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Etapa preliminar

En la Tabla 1 se indican los valores medidos para los parámetros que permiten caracterizar los suelos.

Tabla1 *Parámetros que caracterizan los suelos de los sitios muestreados*

Sitio	C.E.	pH	MO %	CO %	P %
1	0,26	5,93	1,72	2,96	0,15
2	0,21	5,63	1,48	2,56	0,08
3	0,20	5,80	1,69	2,92	0,14
4	0,20	5,70	1,68	2,89	0,08
5	0,22	5,67	1,68	2,89	0,08
6	0,22	5,70	1,57	2,70	0,08
7	0,21	5,93	1,47	2,54	0,07
8	0,22	5,77	1,56	2,69	0,14
9	0,21	5,73	1,62	2,80	0,07
10	0,22	5,77	1,49	2,56	0,13
11	0,26	5,83	1,68	2,90	0,09
12	0,23	5,87	1,64	2,83	0,14

Del análisis de los parámetros podemos expresar que los distintos sitios comparten ciertas características. La conductividad eléctrica presenta valores muy cercanos entre sí y definitivamente bajos, lo cual indica que no hay situaciones de salinidad. El pH asume valores similares para los distintos sitios, y corresponde a un grado de acidez óptimo en cuanto a su incidencia en la disponibilidad del P, por lo cual no inducirá a errores de interpretación de los resultados que se obtengan del experimento.

Por su parte, tanto el contenido de Materia Orgánica como el Carbono fácilmente oxidable arrojaron valores aceptables, aunque relativamente bajos considerando que se trata de un ambiente dedicado a la producción hortícola. Estos parámetros serán especialmente considerados en el tratamiento consistente en el aporte de P a través de la incorporación de compost.

La Tabla 2 muestra el contenido de P en el material vegetal cosechado en los sitios de estudio, expresado en porcentaje.

Tabla 2 *Contenido de Fósforo en las muestras de material vegetal*

Sitio	P %	Sitio	P %	Sitio	P %
1	0,30	5	0,22	9	0,20
2	0,18	6	0,23	10	0,27
3	0,25	7	0,20	11	0,27
4	0,22	8	0,22	12	0,25

El P determinado en los sitios (Tabla 1) presentó su típica respuesta errática, afirmando su comportamiento en el suelo, y que fuera descrita detalladamente en la introducción de este trabajo. Incluso el contenido de este elemento en el material vegetal de cada sitio (Tabla 2) no se correlaciona en forma directa con el existente en el suelo correspondiente.

3.2. Posterior a los tratamientos

La Tabla 3 muestra los contenidos de P en suelo, inicial y final, correspondientes a cada tratamiento. La Tabla 4 hace lo propio con los contenidos del elemento en el material vegetal espontáneo crecido en el lugar.

Tabla 3 *Contenido de Fósforo en las muestras de suelo*

Tratamiento	Contenido de P (mg P. kg ⁻¹ suelo)		
	Inicial	Final	Variación (%)
Testigo	800	741,80	-7,28
Compost	800	808,80	1,10
Harina de hueso	800	899,75	12,47
Microorganismos	800	823,83	2,98
Harina + Microorg.	800	1047,20	30,90

Tabla 4 *Contenido de Fósforo en las muestras de material vegetal*

Tratamiento	P (mg P. kg ⁻¹ material vegetal)
Testigo	210
Compost	212
Harina de hueso	175
Microorganismos	222
Harina + Microorg.	182

Solamente el tratamiento Testigo disminuyó el contenido de P en suelo. Tanto el Compost como los Microorganismos no aportaron mayormente P, si bien el agregado de materia orgánica y actividad biótica en el suelo facilitarían su disponibilidad.

Justamente los tratamientos con agregado de Compost y de Microorganismos registran los mayores contenidos de P en las muestras de material vegetal (1% y 5,7% más que el tratamiento Testigo). El tratamiento con Harina de hueso incrementó en un 12,47% el P en el suelo, dato esperable dado el contenido del elemento que posee la estructura ósea. El fósforo junto con el calcio son los minerales más abundantes en los huesos, mientras que en los animales cerca del 85% del fósforo se localiza en los huesos. A pesar de la mayor concentración de P en el suelo, la forma química en la que se encuentra no lo hace disponible en forma inmediata para ser absorbido por los vegetales, lo que se refleja en un contenido en el material vegetal un 17% menor que en el Testigo (Tabla 4). La combinación del agregado de Harina de hueso y Microorganismos presenta el mayor incremento de P en suelo (30,9%). Llamativamente es un valor muy superior al obtenido con el tratamiento Harina de hueso, teniendo en cuenta que solamente este producto aporta P en forma representativa, y no los Microorganismos. En cuanto al contenido de P en el material vegetal, la presencia de estos microorganismos solubilizadores de P lo mejoró en un 4% (182 vs 175 mg P. kg⁻¹ material vegetal).

4. CONCLUSIONES

Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento serán similares a los disponibles para ser utilizados por los productores. La provisión de harina de hueso y microorganismos, así como la obtención local de humus a partir de residuos de distinto origen, permitiría repetir las prácticas de incorporación. Estas características de repetibilidad permiten la apropiación por parte de la comunidad de los resultados de la investigación, posibilitando la transferencia de una tecnología simple y practicable.

Los resultados obtenidos en este trabajo serán un importante aporte a la producción orgánica en lo referido al aumento y/o mantenimiento de la fertilidad fosforada, dado el comportamiento particular de este nutriente esencial en el suelo, brindando soluciones integradas a los problemas agroambientales. A su vez, los mismos podrán ser utilizados como base de investigación para nuevos estudios acerca del uso de abonos, fertilizantes y enmiendas autorizadas por la normativa orgánica.

5. REFERENCIAS

- [1] Álvarez R., Prystupa P., Rodríguez M. y Álvarez C. 2012. Fertilización de Cultivos y Pasturas. Diagnóstico y Recomendación en la Región Pampeana. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 174 pág. (lo agregué).
- [2] Álvarez, R. 2006. Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 206 pág. (lo agregué).
- [3] Rodríguez H., Fraga R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances* 17:319-339.
- [4] Ahmad Ali Khan, Ghulam Jilani, Mohammad Saleem Akhtar, Syed Muhammad Saqlan Naqvi, Mohammad Rasheed. 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and their Role in Crop Production. *J. AGRIC. BIOL. SCI.* 1(1):48-58.
- [5] Manish K., Dhananjaya P., Ratna P., Ashutosh K., Lalan S. 2016. Role of Microbial Inoculants in Nutrient Use Efficiency. Capítulo 9. En: *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*. Edit. Springer. India.

Difusión y utilización de herramientas de calidad en ambientes técnicos e institucionales.

Meretta Javier, Gómez Carlos.*

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
Grupo de investigación en tecnología de las organizaciones GITO.
Colon 332, 2900 San Nicolás
jmeretta@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN:

El presente trabajo analiza, mediante estudios de caso, la incidencia del ambiente externo en el grado de difusión y utilización de herramientas de la calidad en las organizaciones. Este contexto o ambiente externo, que rodea a las organizaciones es una combinación de ambientes técnicos e institucionales, donde las características distintivas presentes en estos ambientes, consisten en que los elementos institucionales abarcan a los factores más simbólicos y culturales que afectan a las organizaciones; mientras que los elementos técnicos comprenden a las características más materialistas basadas en recursos.

Por otro lado, las técnicas y herramientas de calidad juegan un rol protagónico en los sistemas de gestión de calidad, estas pueden afectar la performance de la organización debido a que permiten manifestar las raíces de los problemas de calidad en orden de identificarlos y resolverlos, o permitiendo detectar oportunidades de mejora.

Este trabajo pretende aportar un cuadro de situación acerca de la utilización de las técnicas y herramientas de calidad en la región y colaborar con las organizaciones locales en la búsqueda de una mejora en la utilización de las mismas.

Palabras clave: Institucionalización, ambiente organizacional, técnicas y herramientas de calidad.

ABSTRACT:

This paper analyzes, through case studies, the impact of the external environment on the degree of dissemination and use of quality tools in organizations. This context or external environment, which surrounds organizations is a combination of technical and institutional environments, where the distinctive characteristics present in these environments are that the institutional elements cover the most symbolic and cultural factors that affect organizations; while the technical elements comprise the most materialistic features based on resources.

On the other hand, quality tools and techniques play a leading role in quality management systems, these can affect the performance of the organization because they allow to manifest the roots of quality problems in order to identify and solve them, or allowing to detect opportunities for improvement.

This work aims to provide a situation chart about the use of quality techniques and tools in the region and collaborate with local organizations in the search for an improvement in their use.

Keywords: Institutionalization, organizational environment, quality tools and techniques.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo analizaremos, mediante estudios de caso, la incidencia del ambiente externo en el grado de difusión y utilización de herramientas de la calidad en las organizaciones. En primer lugar definiremos que entendemos por técnicas y herramientas de la calidad, cuáles serán las herramientas en estudio y su posible utilización. En segundo lugar definiremos que entendemos por ambientes técnico e institucional y las características distintivas de cada uno. Luego explicaremos la metodología y el criterio de selección de los casos de estudio. Finalmente expondremos las conclusiones a las que hemos arribado.

1.1 Las técnicas y herramientas de calidad

Del análisis de la literatura surge que en muchos casos, los problemas de implementación de prácticas de calidad se originan en las ambigüedades originadas en el interior del propio paradigma de calidad, inducidas por lo que algunos autores denominan los aspectos duro y blando o hard y soft de la calidad [1], los aspectos blandos o culturales son aquellos donde el enfoque es hacia el lado blando o dimensión del gerenciamiento que comprende los esquemas conceptuales para la misión, los objetivos, la estrategia, la cultura, estilos de dirección, gestión de recursos humanos, estructuras organizativas y de comunicación; y por otro lado los aspectos duros de los sistemas de gestión de la calidad que hemos denominado capacidad técnica de las organizaciones, y comprende a la utilización de las técnicas y herramientas de calidad; que componen el lado duro de los sistemas de gestión de calidad [2].

Uno de los roles fundamentales que cumplen los elementos duros es el de sostener y controlar los parámetros de trabajo del sistema de gestión de calidad, a la vez que el “lado blando” de la calidad es quien crea el ambiente adecuado en la organización para la difusión e implementación de las técnicas y herramientas, generándose de esta forma un círculo virtuoso. Por lo tanto las organizaciones deben desarrollar ambos aspectos: duro y blando para alcanzar el éxito.

En este punto podemos decir que una herramienta es un dispositivo con una función definida y es usualmente aplicada por sí misma, mientras que una técnica tiene una aplicación más amplia y es entendida como un conjunto de herramientas [3]. Estos dispositivos son: [...] “métodos prácticos, destrezas, medios o mecanismos que pueden ser aplicados a una tarea en particular” [4].

Ejemplos específicos de herramientas pueden ser: Diagramas de causa efecto, Análisis de Pareto, Diagrama de relaciones, Histogramas y Diagramas de flujos. Una técnica tiene una aplicación más amplia, a menudo resulta práctica su utilización a partir de la necesidad de mayor análisis y reflexión, aunque requieren cierta destreza y entrenamiento para ser usadas con efectividad. Las técnicas pueden ser pensadas como una colección de herramientas, como por ejemplo el Control Estadístico de Procesos, que utiliza cuadros, gráficos, histogramas, etc. Otro ejemplo de técnica es el Despliegue de la Función Calidad.

Adicionalmente podríamos ilustrar esta distinción entre una herramienta de gestión de calidad y una técnica, agregando que una herramienta es algo de simple uso y aplicación inmediata, “lista para utilizar”, mientras que una técnica tiende a ser un enfoque más comprensivo e integrado para la solución de problemas que puede incluir un conjunto de herramientas que le den soporte. Hay muchas recomendaciones de cómo aplicar estas herramientas pero poca discusión sobre su pobre utilización en las organizaciones [5] y sobre su importancia para entender y facilitar la mejora de procesos.

Por caso, podemos citar un estudio empírico en 106 compañías certificadas ISO en España [6], donde se verifica la importancia de las técnicas y herramientas de calidad en la mejora de los sistemas integrales de gestión de calidad y sus resultados; el trabajo demuestra que existe una correlación positiva por un lado entre el nivel de desarrollo del sistema de gestión de calidad y el uso de técnicas y herramientas, y por otra parte entre los resultados del sistema de gestión y las mencionadas técnicas y herramientas. De forma similar en Grecia [7] se examina el nivel de uso de las herramientas y técnicas de calidad y el grado de entrenamiento de los empleados en empresas griegas certificadas. Los resultados obtenidos indican un bajo nivel de utilización de técnicas y herramientas de calidad, solamente se utilizan las más sencillas de comprender e implementar y raramente se encuentran las más complejas, atribuible a la falta de entrenamiento de los empleados. Otro estudio [8] hace foco en el estado de aplicación de técnicas y herramientas de calidad en pequeñas y medianas industrias. Como resultado se concluye que la mayor debilidad del sector es la falta de un análisis metódico de datos.

En síntesis en la literatura hemos encontrado análisis sobre la utilización de herramientas de calidad, su impacto en la competitividad, eficiencia de las organizaciones y las complicaciones y falencias detectadas en su uso.

Estos estudios también reflejan como parte del problema la falta de entrenamiento del recurso humano para su correcta utilización. En otro aspecto importante también se reconoce, aunque en menor medida, el hecho que los supervisores e ingenieros consideren la introducción de estas herramientas y técnicas como un trabajo adicional al que tienen habitualmente, por lo tanto más que un problema de entrenamiento tendría que ver con la relevancia percibida, presiones de trabajo, o problemas de tiempo. Suele ser también habitual considerar que las organizaciones japonesas al tener una concepción más amplia del concepto de supervisión, no solo centrado en el resultado de la producción, probablemente asimilan mejor el ideario de calidad, por lo tanto se suele atribuir a una diferencia cultural la relevancia y dedicación que destinan a la tarea de soporte de las prácticas de calidad.

Hemos planteado hasta aquí algunas definiciones necesarias sobre las técnicas y herramientas de la calidad, es pertinente entonces presentar al que hemos denominado como factor condicionante en la implementación de estas técnicas y herramientas: el entorno o ambiente.

1.2 El ambiente o entorno

Las organizaciones existen en entornos que condicionan la utilización de ciertas prácticas organizativas, estos contextos son significativos para poder explicar la adopción y el grado de implantación de ciertas herramientas de gestión. Como señala Scott [9] podríamos identificar dos tipos de entornos que condicionan de alguna forma a las organizaciones: entornos de naturaleza técnica y entornos de naturaleza institucional. Cómo estos entornos influyen sobre las organizaciones y las variaciones que se producen en la adopción de prácticas de calidad constituyen elementos importantes para entender como son adoptadas ciertas prácticas de calidad en las organizaciones.

Tradicionalmente los enfoques más habituales acerca de la influencia del entorno sobre las organizaciones sostenían que estas eran afectadas en dos aspectos centrales: por sus posibilidades para acceder a un stock de recursos o en su defecto por sus posibilidades de acceso a información, entendidos ambos factores como dos “recursos” que generan una importante foco de dependencia para las organizaciones. Si bien este planteo es real en tanto que ilustra claramente sobre la dependencia y la incertidumbre que pueden generar las dificultades de acceso a estos recursos claves, no nos explica de manera totalmente consistente como el entorno condiciona las decisiones de innovación e incorporación de prácticas organizativas. Es así que para poder seleccionar casos de análisis de prácticas de gestión es necesario identificar aquellos que contemplen diferentes entornos organizativos, para poder así identificar algunas posibles consecuencias en la eficacia, la adaptación y la utilización de dichas prácticas.

En otro plano de análisis diferente pero cercano para explicar el problema, las escuelas sociológicas más recientes, los antropólogos y los psicólogos cognitivos han reparado especialmente en los factores cognitivos y culturales que condicionan las acciones de las organizaciones. Este reconocimiento de diferentes elementos que constituyen el denominado ambiente organizacional, permitió de alguna manera ampliar el marco de conocimiento sobre las organizaciones superando la un tanto restringida idea de considerarlos sistemas exclusivamente técnicos, para verlos también como sistemas humanos, políticos, sociales, y culturales, por lo tanto el impulso o el fracaso de determinadas prácticas tiene determinantes no exclusivamente técnicos, entendido el sentido de “técnico” en términos amplios, como todos los aspectos del medio que son potencialmente relevantes para la fijación y el logro de metas, pero normalmente se restringen a las fuentes de insumos, los mercados de productos y los competidores. Los directivos son identificados como las personas responsables de lograr un adecuado aprovisionamiento de recursos en un mercado, diseñar sistemas eficientes de organización del trabajo, y coordinar y controlar actividades técnicas, afectadas fundamentalmente por las regulaciones y la competencia, por lo tanto son imperativos de naturaleza técnica los que mueven e impulsan a los decisores de las organizaciones.

Estos puntos de vista no son muy habituales en los trabajos de ingeniería industrial, centradas habitualmente en los problemas endógenos que se producen al incorporar las prácticas y su implementación en las organizaciones, por lo tanto este trabajo pretende cubrir un aspecto poco tratado en nuestra disciplina, habitualmente acostumbrada a tratar la implementación de prácticas de calidad como un problema de naturaleza básicamente técnica a resolver.

En nuestros proyectos de investigación hemos relevado diferentes casos de implementación de prácticas de calidad, las diferencias en la intensidad de su implementación, consistencia, y persistencia en el tiempo, nos hicieron pensar que no solo son condicionantes de naturaleza técnica las que inciden en la utilización de estas herramientas de gestión, esta intuición es la que nos ha llevado a la certidumbre de que una adecuada presentación y selección de casos de investigación debían contemplar los diferentes entornos en que estas empresas se desempeñan, ponderando por lo tanto las características de cada uno de estos casos con su contexto específico.

Desde la perspectiva de la teoría de la organización se ha hecho referencia al concepto de “campo organizacional” [10] para hacer referencia al conjunto o a la comunidad de empresas u organizaciones que comparten un sistema de significados similar e interactúan habitualmente con más frecuencia entre sí constituyendo de alguna forma un conjunto de jugadores críticos que comparten actividades y prácticas que son consideradas apropiadas para un mejor desempeño entre los actores de un conjunto o sector de organizaciones relevantes. En este artículo mencionaremos dos casos de organizaciones que hemos identificado en un proyecto de investigación, y están condicionadas por diferentes características de su entorno o campo organizacional.

Como hemos mencionado anteriormente para seleccionar los casos empíricos de este trabajo y explicarlos adecuadamente hemos utilizado el modelo conceptual de Scott [11] que identifica dos tipos básicos de entorno: entornos institucionales o entornos técnicos, si bien estos dos tipos de entorno no se suelen dar de una manera pura y rígida, sino que constituyen de alguna manera dos características que se pueden combinar en cuanto a intensidad e influencia de una manera variable, si constituyen dos soportes conceptuales válidos para explicar los determinantes contextuales que expliquen el grado de intensidad y sostenibilidad de las prácticas de gestión que una organización implementa, en nuestro caso programas de calidad.

Es preciso aclarar que los conceptos desarrollados o las tipologías no suelen describir de forma completa las características de un fenómeno dado, por lo tanto para poder analizar los casos agregaremos al concepto de entorno técnico e institucional el termino predominio, que supone un grado o inclinación de un fenómeno dado hacia unas características u otras en la conformación del entorno, no es sencillo poder acomodar los casos empíricos como casos puros, por lo tanto podemos decir que en algunas casos predominan los ambientes institucionales y en otros hay una mayor predominio de los entornos técnicos.

Para Scott [12] los dos tipos de control tanto técnico como institucional no son alternativas exclusivas, suelen estar negativamente correlacionadas pero se dan en los hechos en diferentes combinaciones posibles. En un sentido similar Selznick [13] enfatiza la distinción entre factores de naturaleza técnica e institucional, pero estos están profundamente interrelacionados y coexisten en permanente tensión. Los medios técnicos tienen implicaciones para los valores, y los valores dependen de “mundanos arreglos administrativos” en orden a ser mantenidos. Las instituciones corporizan valores no obstante lo que es bueno para los sistemas operativos no necesariamente sirve a los estándares o ideales que las instituciones sostienen. A menudo los líderes mejor intencionados fallan al no percibir los efectos culturales y simbólicos de lo que aparece meramente procedimental u operacional.

Una vez definidos estos conceptos de entorno, analizaremos tres casos de estudio representativos de dos cuadrantes, el predominio del ambiente institucional con un caso del sector público y el representativo del predominio del ambiente técnico con dos casos: una empresa de manufactura y una de servicios.

2. METODOLOGÍA

Para el estudio se ha optado por una metodología cualitativa como es el estudio de casos múltiples. La complejidad hace a un objeto apropiado para ser estudiado con métodos cualitativos [14], “un objeto es complejo porque se presenta en un ambiente de turbulencia, desequilibrio e imprevisibilidad y por estar en proceso de transformación súbita, constituido por elementos aleatorios, cambios de decisión, interacciones y retroacciones.” De acuerdo a la autora captar en alguna medida la complejidad que emerge, a la vez que la complejidad subjetiva del proceso, es un desafío que se enfrenta de manera privilegiada con la investigación cualitativa; mencionando entre los ejemplos posibles, a los procesos de cambio organizacional.

El estudio de caso consiste en la exploración profunda y pormenorizada de un fenómeno contemporáneo en su contexto real de existencia [15]. Los interrogantes del tipo *¿Qué?*, *¿Cómo?* y *¿Por qué?* Encuentran en esta metodología la herramienta apropiada para su satisfacción, siendo las respuestas a los mismos las teorías fundadas en los datos de casos que el investigador

elabora. No son éstas teorías generalizables ni tampoco es ésta la pretensión del investigador. En cuanto a lo metodológico, el caso puede ser construido por el investigador en función de los datos que surgen de la misma investigación, o también puede ser derivado de constructos teóricos que aparecen en el estudio de acontecimientos similares. Así las unidades de análisis pueden ser organizaciones de carácter público o privadas, tipos de sujetos, documentos o el proceso de certificación ISO 9001 de una organización [16].

De acuerdo a Marradi et al. [17] “...el conjunto de los casos seleccionados no es considerado como una muestra estadística representativa de una población de donde se infieren generalizaciones. Por el contrario cada caso es estudiado y comprendido en su especificidad para luego proceder a la comparación entre ellos, dando lugar a la comprensión de una clase mayor de casos.” La búsqueda no se orienta solo a las características que tienen en común sino también hacia sus diferencias.

Se hace necesario en primer lugar definir la unidad de análisis para luego y dentro de estas, seleccionar los casos. De acuerdo con la perspectiva teórica y los objetivos de la investigación, la unidad de análisis serán las pequeñas y medianas empresas u organizaciones de la región denominada como Área Económica Local San Nicolás. No se tienen en cuenta para el estudio las dos grandes corporaciones que rigen el mercado laboral y de bienes de la región (Acindar y Siderar); como tampoco las empresas que sean sucursales de casas matrices en el exterior de nuestro país u organismos nacionales o provinciales. La característica común es la de tener implementado un sistema de gestión de calidad con normas ISO 9000 que puede ser formal, es decir que esta certificado, o informal.

De acuerdo a Marradi A, Archenti N, Piovani J, [18] “...la selección del caso nunca se realiza por azar como en los métodos estadísticos, porque se parte de la no equivalencia entre los casos, que se destaca a través de la propuesta orientada a la comprensión de la especificidad de cada caso. El proceso de selección está basado en criterios teóricos, en experiencias de observación y en las expectativas depositadas en la unidad seleccionada, en términos de su potencialidad para proveer una base empírica relevante para la interpretación y comprensión del fenómeno estudiado.”

Stake [19] enumera dos criterios de selección, maximizar lo que potencialmente podemos aprender del caso y su mayor accesibilidad. De esta forma resulta conveniente elegir organizaciones que presenten las mayores oportunidades de aprender y donde se espera una mayor receptividad al estudio. Las diez organizaciones elegidas para la prueba del cuestionario representan al sector privado y al sector público, a empresas de servicio y de manufactura. Para su selección se tuvo en cuenta la accesibilidad a la información y el método de la bola de nieve, donde un entrevistado sugiere a otros y así sucesivamente.

Se realizaron entrevistas en profundidad semi estructuradas que se basaron en un cuestionario surgido de una conjunción de conceptos teóricos. Estas entrevistas fueron realizadas a personas directamente relacionadas con el sistema de gestión de calidad, ya sea en la decisión de implementar este sistema, de controlarlo o mantenerlo. Se han entrevistado a organismos certificados y con una estructura formal de su sistema de gestión y que representan los casos extremos de ambientes técnicos e institucionales.

3. DESARROLLO

Para el presente trabajo se ha extraído de la literatura un conjunto de técnicas y herramientas que serán las que se abordarán en busca de determinar su grado de conocimiento y utilización en las organizaciones que componen los casos de estudio; y la posible incidencia de factores condicionantes del ambiente sobre las inclinaciones por parte de las organizaciones para utilizar algunos tipos de herramientas en detrimento de otras.

La selección de técnicas y herramientas de calidad para el estudio está conformada por 21 elementos agrupados en tres grupos, Figura 1, de la siguiente manera:

- Las siete herramientas denominadas básicas, utilizadas para análisis de problemas son: Hoja de control, Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de causa efecto, Diagrama de dispersión, Gráfico de control y Estratificación.
- Las siete nuevas herramientas son: Diagrama de Afinidad, Diagrama de Flechas, Diagramas matriciales, Diagrama de árbol, Matriz de análisis de datos, Diagrama de relaciones y Gráfica de programación de decisiones.
- El tercer cuerpo está formado por siete técnicas y herramientas que han sido consideradas como de mayor relevancia para el presente estudio. Estas son: Metodología de resolución

de problemas, Control estadístico de procesos, Despliegue de la Función Calidad, Ciclo PDCA, Diagrama de Gantt, Análisis modal de fallos y efectos AMFE y Diagrama de flujo.

Técnicas y herramientas de calidad		
7 básicas	7 nuevas	otras
Hoja de control	Diagrama de afinidad	Metodología de Resolución de Problemas
Histograma	Diagrama de flechas	Control Estadístico de Procesos
Diagrama Pareto	Diagramas matriciales	Despliegue de la Función Calidad
Diagr. Causa efecto	Diagrama de árbol	Ciclo PDCA
Diagrama Dispersión	Matriz análisis de datos	Diagrama de Gantt
Gráficos de control	Diagrama de relaciones	AMFE
Estratificación	Grafica de decisiones	Diagrama de flujo

Figura 1. *Técnicas y herramientas de calidad. Fuente: elaboración propia*

Los dos primeros grupos de herramientas utilizadas en la gestión de calidad tienen enfoques distintos, el primero se centra en organizar y analizar los datos disponibles con un enfoque sistemático que permite realizar diagnósticos y que se utiliza generalmente en áreas de producción. El segundo es un grupo de herramientas de gestión y planificación seleccionadas para servir de apoyo a la estrategia de Calidad Total y ser utilizadas por los directivos. El tercer grupo son técnicas y herramientas seleccionadas para este estudio y que requieren un mayor grado de institucionalización o de involucramiento de todos los niveles de la organización.

Para establecer el grado de conocimiento y utilización de las herramientas, se ha consultado a los entrevistados mediante el uso de una grilla de técnicas y herramientas tabulada de la siguiente forma: Conoce y utiliza asiduamente, conoce y utiliza ocasionalmente, conoce pero no utiliza y no conoce como última opción. Se les ha preguntado en qué ocasiones y para qué las utilizan así como el área de utilización.

Para conocer las presiones del ambiente al que están sometidas las organizaciones se ha identificado en primer lugar el campo organizacional al que pertenecen los casos de estudio, y la motivación que los decisores de la implementación de estas prácticas de calidad han tenido para incorporarlas.

3.1 Análisis

En primer lugar analizamos la motivación que han tenido los casos de estudio para implementar un sistema de gestión de la calidad, luego analizaremos las técnicas y herramientas.

3.2 Predominio de ambiente institucional sobre el ambiente técnico

El primer caso de estudio corresponde a un organismo de la administración pública, el Honorable Concejo Deliberante de la ciudad de San Nicolás (HCD). Este organismo está inmerso en un ambiente de predominio institucional por sobre lo técnico, y ha implementado un sistema de gestión de la calidad con la intención declarada de mejorar sus procedimientos de trabajo y la calidad de sus servicios, y así poder lograr una imagen de eficiencia y transparencia en la gestión.

Esta innovación, al menos en las declaraciones explícitas de los encargados de realizarla, y reflejadas en los documentos creados para justificarla, se origina en presiones por parte de los ciudadanos para obtener de las entidades públicas una mayor cantidad y variación de prestaciones, bienes y servicios públicos. Con el objetivo de superar la conflictividad y el deterioro de la imagen social de las instituciones públicas durante la crisis del año 2001, el HCD ha implementado un sistema de gestión de la calidad, basado en la filosofía de gestión orientada al ciudadano, que pasaba a ser considerado como usuario activo y no como un mero receptor de los servicios públicos.

En este contexto, en el cual una organización con fuerte impronta política como el Honorable Concejo Deliberante (HCD) desbordado por lo que percibían como una pérdida de legitimidad y debilidad política, deciden recurrir a la implementación de cambios que suponían podría hacerle recuperar credibilidad social; es así que comienzan a trabajar en un proyecto de certificación de calidad bajo normas ISO.

Parece claro, que las decisiones de los responsables del legislativo recogidas de manera textual en el Informe de Gestión 2001-2005 [20], reflejan de manera compleja las presiones de naturaleza institucional más caras a las perspectivas de Selznick [21], en el cual se articulan de manera simultánea ciertas determinaciones de *naturaleza técnica* (apelaciones a la eficiencia):

“...una creciente y justificada insatisfacción social han comenzado a cuestionar abierta o solapadamente (las instituciones) y a asociarlas a la ineficiencia cuando no a la corrupción”

De *naturaleza cultural y valorativa* (un cierto orden moral e integridad insoslayable) que obligaría a las instituciones a actuar en respuesta a las demandas:

“...dando testimonio permanente y constante de trabajo fecundo, responsabilidad en la gestión y transparencia en cada uno de sus actos, protagonismo y compromiso”

Y por último de *naturaleza política* (necesidades de supervivencia política actuando estratégicamente), como expresaba un concejal del equipo de gobiernos elegido en el mismo informe de gestión citado anteriormente:

“...no reconocerlo (la pérdida de legitimidad) claramente desde la política nos acercaría al autismo o lo que es peor aún a la estupidez”

En este contexto la motivación para implementar el sistema de gestión de calidad se basa fuertemente en presiones del ambiente institucional, el ambiente técnico se manifiesta, con menor fuerza, en palabras del responsable de calidad (personal técnico alejado de las cuestiones políticas), quien percibe al sistema como una búsqueda de eficiencia a través de mejoras en los procesos:

“Por un lado fue el tema de los registros, por otro lado era especificar los puestos del personal, armar un organigrama que no teníamos, o sea éramos todos poli funcional acá adentro. Un día estábamos acá un día estábamos allá, yo estuve en sistemas, estuve en mesa de entrada, digamos por todos lados.”

Con el manual de calidad vino el organigrama y las funciones específicas de cada uno. Y los perfiles de puestos con las misiones y funciones, entonces cada cual supo lo que tenía que hacer.”

En lo referente al grado de conocimiento y utilización de las técnicas y herramientas de la calidad, se refleja en los datos aportados en la entrevista, un bajo conocimiento de las mismas. Siete herramientas fueron reconocidas de las cuales solamente tres son utilizadas ocasionalmente.

La Hoja de Control, el Diagrama de Causa Efecto y el Diagrama de Flujo, comprendidas entre las herramientas básicas, son utilizadas ocasionalmente en las auditorías internas, el tratamiento de observaciones y no conformidades, y en la elaboración del manual de procedimientos.

El Histograma, Metodología de Resolución de Problemas, Control Estadístico de Procesos y el Ciclo de Deming, fueron reconocidas aunque no son utilizadas.

3.3 Predominio de ambiente técnico sobre el ambiente institucional

En esta situación hemos seleccionado dos casos de estudio, una empresa de servicios (Caso A) y una de manufactura (Caso B). Ambas organizaciones responden a todos los criterios fundamentales que determinan un ambiente predominantemente técnico: se desarrollan en un ambiente competitivo, fuertemente técnico, con una marcada dependencia de recursos y fuerte control técnico de sus procesos, buscando ganar y mantener una posición consolidada en el mercado.

En el Caso A, la organización ha sido pensada desde su origen en base a un sistema de gestión de la calidad, con descripción de puestos de trabajo, procedimientos, registros y el sistema de documentación correspondiente; con la idea arraigada en la alta dirección de la organización de que el sistema de gestión de la calidad debe ser el idioma de trabajo de la empresa, que el mismo brinda datos estadísticos que permiten analizar los consumos específicos, evaluar la utilización de maquinarias, y permite tener un sistema con alta trazabilidad. Todos estos, elementos valiosos para la competitividad y supervivencia de la organización.

La organización ha recibido presiones externas por parte de su principal cliente, para obtener el certificado de calidad. Esta situación ha generado una tensión entre lo institucional y lo técnico, expresada en la visión del gerente de la empresa, que manifiesta la necesidad de certificar calidad para conseguir mejores contratos en base a un sistema de calificación de proveedores de doble vía, a la vez que quien califica también exige un bajo precio, es decir que puede contarse con un

muy buen sistema de gestión, con buenos procedimientos y baja cantidad de accidentes laborales; pero también se debe competir en el precio.

En lo concerniente al grado de conocimiento y utilización de las técnicas y herramientas de la calidad, se refleja en los datos aportados en la entrevista, un alto conocimiento de las mismas. Solo cinco han sido desconocidas siendo estas: Diagrama de Afinidad, Diagrama de Flechas, Matriz de Análisis de Datos, Gráfica de Programación de Decisiones y el Despliegue de la Función Calidad.

Doce herramientas han sido declaradas en uso, asiduamente o en determinadas ocasiones. La Hoja de Control, Histograma, Diagrama de Flujo, Metodología de Resolución de Problemas, Ciclo de Deming y Diagrama de Gantt son usualmente utilizadas en la operación de la organización. La utilización del Ciclo de Deming manifiesta una búsqueda de mejora continua a la vez que la utilización en forma asidua de una metodología para resolver problemas muestra una estructura de trabajo. La organización utiliza las herramientas de calidad básicas y complementa con algunas técnicas y herramientas más complejas en búsqueda de eficiencia. Entre las de uso ocasional se encuentran el Diagrama de Pareto, Gráficos de Control, Diagrama de Dispersión, Diagrama de Causa Efecto, Diagrama de Árbol y el Control Estadístico de Procesos.

Desde el punto de vista técnico se han incorporado herramientas de calidad con una orientación a la prestación de servicios, acompañadas de un plan de capacitación para su utilización y la motivación por parte de la empresa para que el personal adquiera experiencia en el sistema de gestión bajo la idea de que una herramienta funciona cuando más del 80% del personal sabe utilizarla; con un precepto de menos cantidad pero conocidas por todos, la organización selecciona las herramientas a utilizar.

En el Caso B, la empresa ha implementado un sistema de gestión de la calidad motivada en una necesidad de competitividad, inmersa en un ambiente fuertemente técnico, surge la necesidad primera de diferenciarse de la competencia y luego de ganar nuevos mercados con clientes exigentes que requerirían la certificación. De esta forma, la búsqueda de competitividad y el impulso de eficiencia de la organización se transforman en motor del cambio en la organización, la necesidad de adaptarse a la crisis del año 2001 centró la atención en el conocimiento de la norma ISO, convirtiendo a la calidad en la visión estratégica de la dirección de la empresa.

Con un fuerte mensaje para empezar a trabajar con calidad y utilizar el sistema para atender al cliente, diferenciarse de la competencia, mejorar costos y buscar la mejora; la alta dirección estableció la visión estratégica de la organización, que consistió en estar preparados para el momento de salida de la crisis y tomar posición en un mercado altamente competitivo.

En cuanto al grado de conocimiento y utilización de las técnicas y herramientas de la calidad, la empresa se muestra muy sólida, solo el Despliegue de la Función Calidad es desconocido. El grado de utilización es alto, similar a la empresa de servicios, la Hoja de Control, Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de Flujo, Metodología de Resolución de Problemas, Ciclo de Deming y Diagrama de Gantt son usualmente utilizadas en la operación de la organización.

El Diagrama de Afinidad, Diagrama de Dispersión, Diagrama de Causa Efecto, Diagrama de Relaciones y la Estratificación son utilizadas ocasionalmente. La empresa las utiliza en su búsqueda de eficiencia, en el control de los procesos productivos y logísticos, en busca de una excelente calidad de producto y servicio.

4 CONCLUSIONES

Todas las organizaciones se desempeñan en un ambiente técnico e institucional, en algunos casos la prevalencia de uno sobre otro es mayor y en otros existe un cierto equilibrio, pero siempre ambos ambientes están presentes.

En el caso del organismo público, donde prevalece el ambiente institucional, la incorporación de elementos institucionalizados protege a la organización de que se dude de su conducta, luego la organización se hace legítima y usa tal legitimidad para fortalecer su apoyo y asegurar su supervivencia. Las presiones sociales en búsqueda de transparencia han llevado al HCD a implementar un sistema de gestión de la calidad, implementación que parece estar motivada en una búsqueda de legitimidad más que eficiencia, donde la sola certificación de la Norma ISO parece contentar a las autoridades que componen lo que puede definirse como alta dirección. Esta aplicación ceremonial de la calidad no requiere mayores herramientas que las estrictamente necesarias para mantener la certificación. No se recurre a ellas para una búsqueda de mejora continua, el mantenimiento de la certificación se basa en el costo político de pérdida de imagen que representaría la no renovación de la misma.

Cuando existe un predominio del ambiente técnico por sobre el institucional, la búsqueda de eficiencia cobra importancia. Las presiones institucionales existen, ya que podría pensarse en este marco, que las organizaciones que no implementan un sistema de gestión de calidad y sus técnicas y herramientas, podrían ser consideradas negligentes por parte de algunas facciones gerenciales, proveedores, clientes, etc. El costo de ilegitimidad en términos de pérdidas de contratos, ventas o disminución de la categoría de proveedor se torna una amenaza muy real para las organizaciones.

En estos casos la prevalencia del ambiente técnico sobre el institucional lleva a una búsqueda de eficiencia en un entorno competitivo, las organizaciones buscarán incorporar y utilizar todas las herramientas a su alcance para cumplir con los objetivos establecidos. Las empresas analizadas, tanto de manufactura como de servicios, se encuadran en esta situación y presentan un mayor nivel de conocimiento y utilización de las técnicas y herramientas de calidad; puede observarse su uso en el control de los procesos, análisis de resultados y generación de propuestas de mejora; a su vez, el nivel de complejidad de las herramientas utilizadas podría relacionarse con el nivel de desarrollo o la madurez del sistema de gestión de la calidad. El nivel de conocimiento y utilización de estas herramientas es ligeramente mayor en la empresa de manufactura que en la de servicios. Esta diferencia puede atribuirse al hecho de tener procesos distintos con otro tipo de gestión y control, a la vez que al tener como producto final a un tangible trabaja, mide y controla una mayor cantidad de parámetros.

Se ha observado otro tema de interés, que requerirá una investigación más profunda en otros trabajos, y reside en la disociación entre la búsqueda de legitimación externa y la búsqueda de eficiencia interna, dado que la intensidad de las presiones externas para adoptar el estándar, no está necesariamente relacionada con la intensidad de las motivaciones internas para lograrlo. Esta forma de incorporación de prácticas de calidad conlleva a una aplicación ceremonial y sin sustancia de las mismas que terminan siendo laxas en su funcionamiento. La implementación de calidad en un organismo como el HCD basado en una necesidad de legitimación social, sin una búsqueda o necesidad de eficiencia, puede constituir uno de estos casos; donde las herramientas de calidad utilizadas son las mínimas y estrictamente necesarias para la supervivencia del sistema. Esta situación suele ocurrir también en pequeñas empresas que implementan un sistema de gestión de la calidad para satisfacer las presiones de un cliente o cambiar su categoría de proveedor, casos donde el personal toma al sistema como una carga extra, un sistema paralelo al utilizado habitualmente, o un trabajo a contrarreloj ante la llegada de la auditoría. El origen de esta falta de compromiso radica muchas veces en la falta de convicción de la alta dirección que aplica ceremonialmente las prácticas de calidad y las percibe como un gasto sin apreciar los beneficios.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Wilkinson, A., Willmott, H. (1995): Making quality critical, Londres, Routledge.
- [2] Evans, James R.; Lindsay, William M. (2008). "Administración y control de la calidad" Cengage Learning 7º edición ISBN-13: 978-970-686-836-7.
- [3,4] McQuarter, R.E., Scurr, C.H., Dale, B.G. and Hillman, P.G. (1995), Using quality tools and techniques successfully, The TQM Magazine, Vol. 7 N° 6, pp. 37-42.
- [5] Ramford D., Greatbanks R. 2005. The use of quality Management Tools and techniques: a study of application in everyday situations. International Journal of Quality & Reliability Management Vol 22 N° 4. pp. 376-392.
- [6] Tarí J.J., Sabater V. 2004. Quality Tools and techniques: Are they necessary for quality Management?. Int. J. Production Economics Vol. 92. pp. 267-280.
- [7] Fotopoulos C., Psomas E. 2009. The use of quality Management Tools and techniques in ISO 9001: 2000 certified companies: the Greek case. International Journal of Productivity and Performance Management. Vol. 58 N°6, pp. 564-580.
- [8] Shamsuddin Ahmed, Masjuki Hassan, 2003. Survey and case investigations on application of quality Management Tools and techniques in SMLs. International Journal of Quality & Reliability management Vol. 20 N°7. pp795-826.
- [9, 11,12] Scott, W. 1998. Organizations: Rational, Natural and Open Systems. Canadian Journal of Sociology / Cahiers canadiens de sociologie · January 1998
- [10] Di Maggio and Powell. 1983. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. American Sociological Review Vol. 48, No. 2 (Apr., 1983).
- [13] Selznick, P. 1949. TVA and the grass roots; a study in the sociology of formal organization. Berkeley, CA: Univ. of California Press.
- [14, 16] Vieytes, Rut. (2009) "Campos de aplicación y decisiones de diseño en la investigación cualitativa; Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones". Cap. 2. Pag 57 Buenos Aires. Cengage Learning.
- [15] Yin Robert (2011) Qualitative Research from start to finish. The Guilford Press ISBN 978-1.60623-977-3.
- [17, 18] Marradi A, Archenti N, Piovani J.; (2010). "Metodología de las ciencias sociales". Buenos Aires, Cengage Learning.
- [19] Stake, R. (1995). The art of case study research. Thousand Oaks, CA: Sage.
- [20] Informe de Gestión 2001-2005. Honorable Concejo Deliberante (HCD) de San Nicolás, 2005.
- [21] Selznick, P. 1949. TVA and the grass roots; a study in the sociology of formal organization. Berkeley, CA: Univ. of California Press.
- [22] Meyer, John. W. y Brian Rowan. 1977. "Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony". American Journal of Sociology 83 (2): 340-363.
- [23] Boiral, O. 2003. OrganizationalScience, Vol.14 N° 6 pp. 720-737.

Eficiencia energética y energías renovables: dos herramientas para contribuir al desarrollo sostenible. El caso de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Morris, Jonathan; García, Mauricio; Bertoglio, Carla; Lafflito, Cristina*

I4 Facultad de Ingeniería –Universidad de Lomas de Zamora

Dirección: Ruta prov. 4 y Av. Juan XXIII Lomas de Zamora

Jmorris2985@gmail.com

RESUMEN.

En la actualidad el uso razonable de la energía a nivel mundial toma mayor protagonismo debido a la concientización de las naciones y de las personas sobre la contaminación que producen la mayoría de las fuentes de energía. Ante esta realidad son necesarias acciones en conjunto de las organizaciones públicas y privadas para conseguir un cambio significativo.

Las energías renovables representan una opción apropiada al tener la ventaja de ser inagotables, limpias y que se pueden utilizar de forma auto gestionada. Estas deben ser implementadas en conjunto con un plan de gestión de la energía.

En este contexto, el presente estudio evalúa una serie de medidas integradas necesarias para implementar en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora un uso racional de la energía y la cogeneración en base a energías renovables disponibles.

Con esto se lograría una optimización del sistema, logrando una iluminación adecuada para cada espacio así mismo se disminuiría significativamente el consumo de energía. En base a cálculos realizados con la sola utilización de luminarias led se estima una disminución en el consumo de energía.

Si bien es un proyecto aplicable a cualquiera de los edificios de la Universidad. Con su implementación se abren nuevas oportunidades para la enseñanza con el ejemplo, demostrando su aplicación a los alumnos y aportando conocimientos para la comunidad con el objetivo de contribuir al desarrollo sostenible.

Palabras Claves: Eficiencia energética, universidades, ahorro energético, cambio de hábito,

ABSTRACT

At present, the reasonable use of energy worldwide takes on greater prominence due to the awareness of nations and people about the pollution which is produced by most energy sources. In view of this situation, joint actions by public and private organizations are necessary to achieve a significant change.

Renewable energies represent an appropriate option because it has the advantage of being inexhaustible, clean and can be used in a self-managed way. These must be implemented in conjunction with an energy management plan.

In this context, the present study evaluates a sequence of integrated measures which are necessary to implement in the Faculty of the National University of Lomas de Zamora a rational use of energy and cogeneration based on available renewable energies.

With this, an optimization of the system would be reached, achieving adequate lighting for each space and the energy consumption would be significantly reduced. Based on calculations made with the use of LED luminaires alone, a decrease in energy consumption is estimated.

Although it is a project applicable to any of the buildings of the University, with its implementation new opportunities for teaching are opened, demonstrating its application to students and providing knowledge for the community with the objective of contributing to sustainable development.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años a nivel mundial, pero sobre todo en la Argentina la energía es un tema de prioridad en la agenda nacional. Esto es producto de la necesidad real de este recurso para el crecimiento y confort de la sociedad. Sin embargo para el sector industrial es relevante dada la escases de energía, lo que puede comprometer la productividad o hasta la supervivencia de las empresas.

También es cierto que, en la actualidad, se está frente a un contexto de mayor conciencia de la comunidad sobre los impactos ambientales que las actividades humanas ocasionan en el medio ambiente y, además, se busca una mejora en la calidad de vida para las generaciones presentes y futuras.

Dentro de las medidas internacionales en las que se puede evidenciar esta conducta se encuentran los 17 Objetivos de Desarrollo sustentable de la ONU. Por estas razones, es que se está priorizando utilizar tecnologías para el aprovechamiento de recursos renovables. En Argentina existe una gran disponibilidad y potencialidad para su explotación.

Bajo estos dos contextos en el país se está ampliando la matriz energética sin perder el foco de buscar la diversificación para no depender de los combustibles fósiles. Los proyectos aprobados prioritariamente fueron de generación de energía eléctrica en base a energía solar, eólica y en menor escala biomasa, dentro del Programa RenovAr.

Para poder desarrollar estas tecnologías en el país es necesario contar con los profesionales capaces de diseñar, gestionar, planificar e implementar los proyectos, creemos que para esto sea viable en el tiempo, se debe realizar la formación de estos profesionales en los centros de educación nacionales. Por ello la importancia de que estos centros no solo apliquen el contenido en los programas educativos, sino que también apliquen proyectos alineados a esta temática en los establecimientos.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora, es una casa de altos estudios donde actualmente se encuentran cursando 3600 alumnos, en las carreras de Ingeniería Industrial, Mecánica, Mecatrónica y Ferroviaria. Constituye uno de los centros más importante de la zona para la formación de los profesionales, los cuales generalmente se desenvuelven en la industria de la región y alrededores. En este contexto es que se ideó el proyecto "Mejora en la eficiencia de energía eléctrica mediante el uso de celdas fotovoltaicas para la Facultad de Ingeniería de la UNLZ".

2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL TRABAJO

2.1 Objetivo General

El objetivo general del proyecto es el de evaluar la factibilidad técnica y una propuesta preliminar para el plan de acción de gestión de la energía. Contemplando un sistema de generación de energía eléctrica en función de celdas fotovoltaicas que permitan, a la Facultad de Ingeniería para abastecer las luminarias internas del edificio.

2.2 Objetivos Específicos

Durante el desarrollo del proyecto se alcanzaron otros objetivos, más específicos, como:

- Relevar la situación actual de la Facultad de Ingeniería en lo que concierne a situación energética.
- Determinar un programa de acciones resultante de los datos del diagnóstico energético.

2.3 Alcance de la Publicación

Él presenté trabajo busca conseguir los mencionados objetivos dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora. Sin embargo, los métodos son extrapolables a otras instituciones.

3. METODOLOGÍA

Para el estudio del proyecto se realiza un análisis de campo, relevamientos de espacios y características a fin y un estudio posterior de los datos obtenidos. A continuación, se exponen las variables y procedimientos utilizados:

3.1 Relevar la situación actual de la Facultad de Ingeniería en lo que concierne a situación energética

En primera instancia se determinó las dimensiones del aula y gabinete tomados como muestras de análisis (Aula1 y Gabinete 3), a continuación, se estudió el nivel de iluminación, el método de medición que frecuentemente se utiliza es emplear una técnica de estudio fundamentada en una cuadrícula de puntos de medición, que cubre toda la zona de trabajo. Indicado por la súper intendencia del Trabajo. Se utilizó un luxómetro rango de medición 0-400.000 exactitud, +-5%, resolución 0.1 lux.

Posteriormente se analizó el tipo de iluminación y se contabilizaron las luminarias utilizadas por aula, teniendo como base el plano de distribución de aulas, haciendo una sectorización previa. Luego se evaluó el consumo por sector teniendo en cuenta la duración de su uso en horas y su frecuencia en días de semana. Se confeccionó una tabla que reúne todos los datos relevados y se asignaron los diferentes sectores. Se afectaron estos valores por un factor de simultaneidad, lo cual estableció que el uso de las luminarias no es realizado al 100% en toda la jornada, dando lugar a la estimación de un valor aproximado al 90%. Luego se realizó el cálculo de lúmenes necesarios tomando como parámetros de comparación el Aula 1 y el gabinete N°3 de planta baja. Se tomaron como referencia para los demás puntos de muestreos (aulas de planta alta y gabinetes) ya que sus dimensiones son similares tanto en planta baja como en planta alta. Se compararon los valores reales versus los valores teóricos según la legislación vigente.

4. RESULTADOS RELEVAMIENTO.

4.1. Dimensiones de Aulas de muestras Índice de Intensidad de Iluminación

Como primera instancia se determinaron las medidas de las aulas de muestras y se procede a indicar los resultados de los cálculos para determinar la iluminancia media del Aula 1 (1), (2), (3).



Figura 1 Mediciones del Aula 1-Elaboracion Propia

Para poder determinar el número mínimo de mediciones en el aula 1, calculamos el índice del local en la ecuación (1), en función a las dimensiones del aula (ver figura 1) con dicho índice pudimos concluir que son 9 las mediciones necesarias, estas se realizaron en una cuadrícula dentro del aula (2).

$$\text{Índice del local} = \frac{11,2 \text{ mts} \times 7,6 \text{ mts}}{4,2 \text{ mts} \times (11,2 \text{ mts} + 7,6 \text{ mts})} = 1 \quad (1)$$

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (1+2)^2 = 9 \quad (2)$$

En la ecuación (3) calculamos la iluminancia media a partir de las 9 mediciones.

$$E \text{ media} = \frac{390+289+271+381+362+280+372+355+282}{9} = 331,33 \text{ Lúmenes} \quad (3)$$

Para asegurar una uniformidad razonable en la iluminancia de las aulas, el Decreto 351/79 se exige una relación no menor de 0,5 entre sus valores mínimo y medio. Se verifica en el cálculo (4)

$$271 \geq \frac{331,33}{2} \Rightarrow 165,66 \quad (4)$$



Figura 2 Mediciones del Gabinete 3 -Elaboración Propia

Se utiliza la misma metodología para el gabinete 3 (ver figura 2) el número mínimo de mediciones también son 9.

$$\text{Índice del local} = \frac{3,6 \text{ mts} \times 6,8 \text{ mts}}{4,2 \text{ mts} \times (3,6 \text{ mts} + 6,8 \text{ mts})} = 1 \quad (5)$$

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (1+2)^2 = 9 \quad (6)$$

$$E \text{ media} = \frac{333+293+464+438+458+372+355+432+345}{9} = 387,77 \text{ Lúmenes} \quad (7)$$

$$293 \geq \frac{387,77}{2} \Rightarrow 193,8 \quad (8)$$

Se observó que en ambos casos las mediciones son superiores a los valores exigidos en el Decreto 351/79 y Norma IRAM-AADL J 20-06.

“Tarea moderada crítica y prolongada con detalles medianos. Iluminación sobre el plano de trabajo de 300 a 700Lux. Ejemplos Trabajos comunes en oficina, tales como: Lectura, escritura y Archivo”(3)

4.2. Relevamiento Cantidad de Tubos y Tipo de tecnología

El tipo de tecnología que se utiliza para la iluminación interna de las aulas, pasillos, gabinetes y sanitarios son tubos fluorescentes. Diámetro 26mm; Casquillo G13; Potencia 36W. Posee un amplio rango de temperatura color de 2700-8000K en la facultad se utiliza una temperatura color de 4000K. Vida Útil promedio 16000hs.

Las luminarias son de superficie, cuentan con 2 tubos y un equipo auxiliar, balasto electrónico. Figura 3

Para poder analizar la iluminación natural del aula se realizó un modelado, (ver figura 4) donde se puede observar que hay áreas oscuras que dependen de la luz artificial.

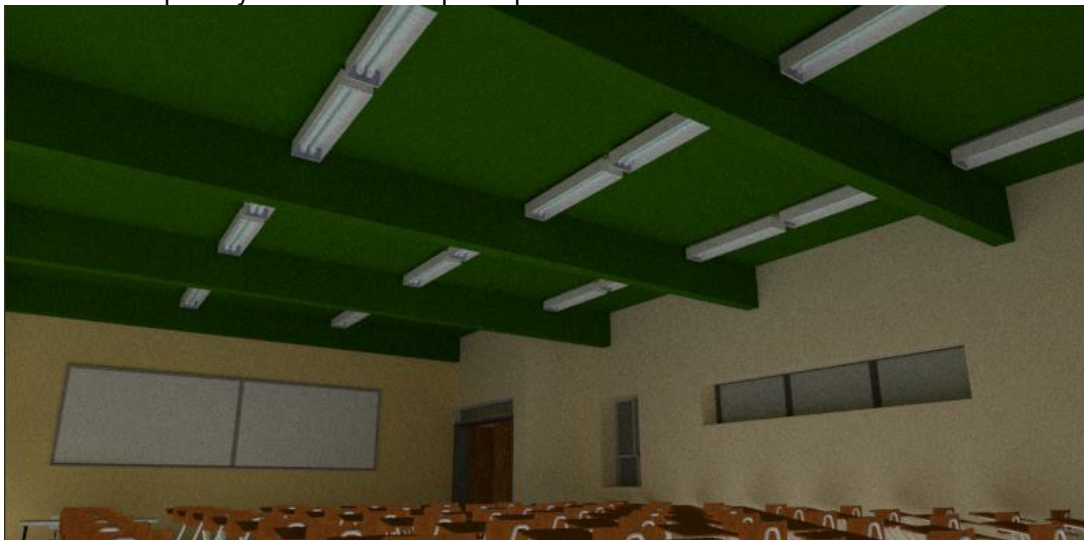


Figura 3 Modelado de la situación actual-Elaboración Propia



Figura 4 Modelado de la situación actual ingreso luz natural -Elaboración Propia

El resultado del relevamiento de la cantidad de tubos se indica en las tablas (1), la correspondiente a la planta baja y en la tabla (2) al primer piso.

Tabla 1 Relevamiento cantidad de tubos planta Baja

Sector A	Total de Tubos	Sector B	Total de Tubos	Sector C	Total de Tubos
Aula 1	36	Oficina baño	8	Pasillo	12
Aula 2	36	Laboratorio CIM	44	Extensión	6
Aula 3A	24	Laboratorio informática	34	Mesa de entrada	6
Aula 3B	24	Materiales	24	Consejo	16
Sala de Profesores	7	Baños	16	Tesorería	4
Gabinete 2	7	CNC	24	Personal	12
Gabinete 3	7	Caldera	24	Patrimonio	4
Gabinete 4	6			Centro de Estudiantes	4
Pasillo	40	Hidráulica	24	Portería	6
Escalera	2	Química	24	Sec. Académica	12
Baños de Mujeres	8	Simulación numérica	14	Alumnos	4
Baños de Hombres	8	Oficina higiene	4	Coord. Escuela	6
Baños de Profesores	8	Laboratorio ambiental	14	Pasillo y hall central	24
Deposito	4	Gabinete informática	14	Total	116
Total	217	INTI	14		
		Librería	18		
		Escalera	2		
		Deposito	2		
		pasillo 1	42		
		pasillo 2	14		
		Total	360		

En la planta baja se contaron un total de 693 Tubos.

Tabla 2 Relevamiento cantidad de tubos planta alta.

Sector A	Total de Tubos	Sector B	Total de Tubos	Sector C	Total de Tubos
Aula 4	36	Oficina baño	8	Pasillo	12
Aula 5	36	Aula 7	24	Laboratorio Idiomas	24
Aula 6A	24	Aula 8	24	Sala de lectura	12
Aula 6B	24	Aula 9	24	Sec. Académica	8
Gabinete 5	7	Aula 10	24	Planeamiento	8
Gabinete 6	7	Baños	16	Secretaria Económica	8
Gabinete 7	7	Gabinete Inv / Empresa Simul.	24	Sala de Reuniones	12
Gabinete 8	6	Laboratorio Física	24	SIU	8
Pasillo	40	Aula postgrado / Sec Inv.	24	Decanato	8
Escalera	2	Aula Taller	14	Aula magna	24
Baños hombre	8	Preceptora	4	Total	124
Baños mujer	8	Investigación	14		
Baños profesores	8	Gabinete 9	14		
Deposito	4	Coordinación	14		
Total	217	Gabinete INV.	18		
		Escalera	2		
		Deposito	2		
		pasillo 1	42		
		pasillo 2	14		
		Total	330		

En la Planta Alta se contaron un total de 671 tubos.

4.3 Consumo energético para la iluminación

El cálculo de la potencia (Ver tabla 3), se determinó con una estimación de 40W por tubo incluyendo el consumo de los balastos electrónicos, y la estimación de la energía se calcula en una jornada de 8 horas que es promedio de horas en las que están encendidas las luminarias en facultad, en los periodos de mayor consumo que es durante la estación de invierno.

Tabla 3 Calculo de Potencia y Energía instalada en iluminación.

Sector	Área m ²	Cantidad de Tubos	Potencia kW	Consumo Energía Inst. kWh
A Planta Baja	674	217	8,68	69,44
B Planta Baja	870	360	14,4	115,20
C Planta Baja	729	116	4,64	37,12
A Planta Alta	674	217	8,68	69,44
B Planta Alta	870	330	13,2	105,60
C Planta Alta	729	124	4,96	39,68
Total	4546	1364	54,56	436,48

Pero para que la estimación de la energía demandada sea real se debe incluir un factor de simultaneidad y considerar cual será el consumo real estimado, como en la mayoría de la jornada la totalidad de las luminarias se encuentran encendidas el factor de simultaneidad es alto, para el caso se adopta un coeficiente del 90%.

Tabla 4 *Calculo Energía estimada en 8 hs*

Sector	Consumo Energía Inst. kWh	Factor de simultaneidad	Consumo Energía estimado kWh
A Planta Baja	69,4	90%	62,5
B Planta Baja	115,20	90%	103,7
C Planta Baja	37,12	90%	33,4
A Planta Alta	69,44	90%	62,5
B Planta Alta	105,60	90%	95,0
C Planta Alta	39,68	90%	35,7
Total	436,5	-	392,8

Como resultado importante del cálculo podemos estimar cuanto se está consumiendo en energía para la iluminación que es 392,8 kWh diarios.

5 PROGRAMA DE ACCIONES RESULTANTE DE LOS DATOS DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.

Para iniciar con las acciones propuestas y poder cumplir el objetivo principal, reducir el consumo energético en iluminación, sabemos que no podemos centrarnos únicamente en la parte tecnología, por ello se propone un programa integral de mejora de desempeño energético, con implementación progresiva que incluya los pilares de la figura 3.

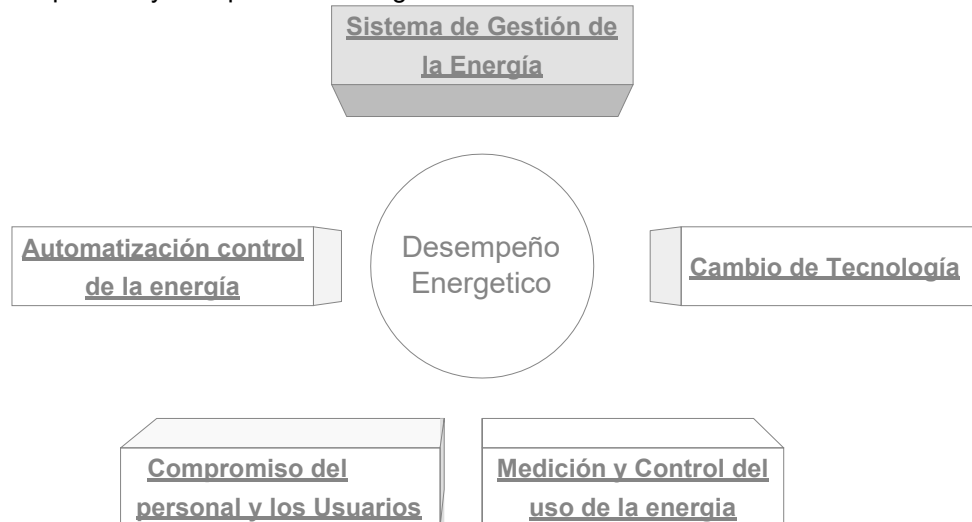


Figura 3 *Pilares del Programa de mejora de desempeño energético -Elaboración Propia*

5.1 Cambio de Hábito

Como primera instancia antes de realizar inversiones en infraestructura o tecnología es necesario contar con el completo compromiso de los usuarios y personal. Para ello se propone llevar a cabo una estrategia de cambio de hábito, de forma sistemática y de acuerdo con un modelo de planificación.

Para iniciar con los cambios de conductas se propone un plan estratégico que está basado en ambos enfoques de la teoría de comportamiento de Instrumentos y enfoque al cambio.

5.1.1 Primera Etapa Equipo de trabajo y Identificación del Problema e Objetivos

Formación de un equipo de trabajo por lo menos de 5 integrantes, que formaran la brigada de eficiencia, preferentemente los perfiles deben ser de diferentes disciplinas, con conocimientos en gestión de la energía, recursos humanos, planificación y control de proyecto. Dentro de las responsabilidades se encuentra el de la implementación y seguimiento del plan estratégico de cambio de hábito propuesto.

El Problema principal que se identifica es el alto consumo en energía eléctrica y luminarias encendidas en áreas de trabajo no ocupadas, el reto consta en reducir el consumo sin inversión en infraestructura o tecnología, el objetivo es producir un cambio de hábitos en los usuarios, que provoque una disminución al consumo energético.

5.1.2 Análisis de Factores Determinantes

Se identifica que el público objetivo son estudiantes de ingeniería, personal docente, personal no docente.

Los factores determinantes internos principales son: la sensibilización, el conocimiento, la actitud, las costumbres sociales, personales y la autoeficacia, por ello la importancia de facilitar la disponibilidad de capacitaciones y las herramientas de control necesarias, en conjunto con una regulación institucional que generen las condiciones para poder controlarse y gestionarse el consumo de energía. Pero dentro de los parámetros se debe considerar de manera prioritaria los refuerzos a las reacciones positivas, estos pueden ser con beneficios físicos, sociales o económicos y con divulgación de los logros obtenidos respecto a la energía ahorrada.

5.1.3 Elegir y generar de Instrumentos.

Para el caso se proponen 3 tipo de líneas de acción para motivar a la adecuación, participación y retroalimentación que permita generar nuevas herramientas al sistema.

Primero es necesario poder contar con información útil en los puntos de control de energía (interruptores eléctricos). Indicaciones en aulas pasillos, estacionamiento. Dentro de la información de se debe incluir: Tipo de acción necesaria antes de abandonar una habitación, Teléfono/email de la brigada de eficiencia ante cualquier dato de relevancia, como fallas en el sistema o potenciales mejoras detectadas.

Algunos ejemplos de los tipo de acción, se puede ver en la figura 4 y figura 5.



Figura 4. Modelo I de Indicaciones para las aulas

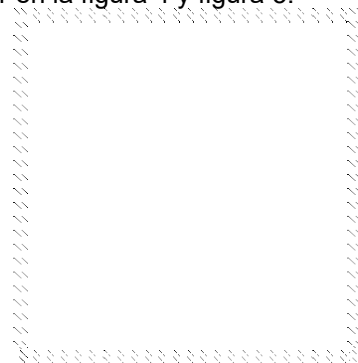


Figura 5. Modelo II de Indicaciones para las aulas

De manera complementaria a la información puntual también se propone realizar la divulgación de conocimiento para el público objetivo, la **información a medida** involucra la realización de jornadas en eficiencia energética, actividad a cargo de la brigada de eficiencia y expertos.

Estas jornadas de energía se realizan con el objetivo de concientizar a los distintos sectores de la sociedad para que, a través de medidas simples y concretas, se pueda reducir y mitigar los efectos del cambio climático. Algunas propuestas son los siguientes temas:

- Reducir la demanda y el costo energético.
- Mejorar los procesos.
- Reducir los costos de producción u operación de empresas, mejorando su competitividad.
- Reducir el consumo de combustible en el transporte en general, tanto privado como público.
- Reducir los gastos de energía en los hogares, lo que es especialmente relevante para las familias de más bajos ingresos.
- Contribuir a la reducción de las emisiones de CO2 en el planeta
- Eficiencia Energética sistemas de gestión ISO 50001.
- Eficiencia Energética de Productos y Viviendas.
- Arquitectura Sustentable

Se propone para extender la participación e interés del público, la incorporación de un **Buzón de sugerencia Virtual**, el cual consiste la generación de un cuestionario online, donde se pueden enviar propuestas, temas de interés para futuras jornadas o para mejoras del sistema.

La última línea acción es generar de mecanismos de incentivos, para el desarrollo o investigación de los temas de interés, propuesto por la brigada de eficiencia o de las entradas por el buzón de sugerencia virtual. Dentro del programa de incentivos se debe incluir los reconocimientos en los boletines o cartelera.

5.2 Cambio De Tecnología

Una vez determinada la tecnología utilizada actualmente para la iluminación de los salones y pasillos, ver apartado 4.2, se analizó el tipo de lámpara por la que se debe reemplazar. Determinando características eléctricas recomendables junto con la temperatura de color y ángulo de apertura adecuados. Se propone un modelo disponible en el mercado, indicando el método de reemplazo y para finalizar se propone una nueva medición de los niveles de iluminación.

La tecnología propuesta para reducir el consumo energético y mantener o mejorar las prestaciones de iluminación son los tubos Led. De los modelos disponible en el mercado se recomienda utilizar LED 18-20W (De 1500 a 2200 lúmenes), de tipo de luz: Luz blanca natural : de 4000 a 5000K aproximadamente.

Datos eléctricos: 100-240V AC 50/60Hz; 20W 4000K; 120º, ya que las prestaciones finales son similares o superior a la iluminación actual.

Para ajustar el flujo de iluminación se recomienda, utilizar un mecanismo ajustable de altura para las luminarias y también modificar el color del techo de verde oscuro a blanco. Como se puede ver en el modelado las figuras 6 y figura 7



Figura 6. Modelado del aula 1 con mejoras I

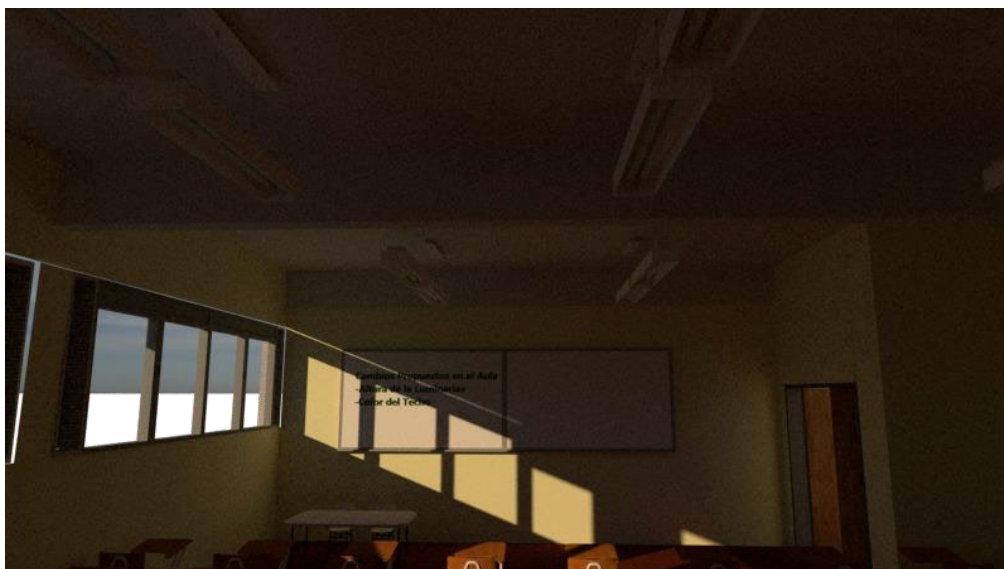


Figura 7. Modelado del aula 1, ingreso luz natura con mejoras II

La altura de las luminarias y el color del techo lo que posibilitaría es el reducir la cantidad de luminarias, para esto se recomendó realizar un estudio luminotécnico específico en cada recinto.

5.2.1 Calculo ahorro energético cambio de Tubo.

Con el modelo propuesto en el apartado 5.2, en la tabla 5 se estima cual sería la potencia instalada y consumo de energía para iluminación. Esta se continúa afectando por un factor de simultaneidad de 90%. Pero vale aclarar que este factor debería ir en disminución con las acciones planificadas en en plan estratégico de cambio de habito y las acciones propuestas en los próximos capítulos.

Tabla 5 *Calculo Energía estimada en 8 hs con tubos Led*

Sector	Área m2	Cantidad de Tubos	Potencia Estimada kW	Energía kWh	Consumo Energético estimado kW/h
A Planta Baja	674	217	3,91	31,25	28,12
B Planta Baja	870	360	6,48	51,84	46,66
C Planta Baja	729	116	2,09	16,70	15,03
A Planta Alta	674	217	3,91	31,25	28,12
B Planta Alta	870	330	5,94	47,52	42,77
C Planta Alta	729	124	2,23	17,86	16,07
Total	4546	1364	24,55	196,42	176,77

Con esta proyección podemos realizar la comparación entre ambos sistemas el actual instalado y el propuesto con tubos de led en la tabla (6).

. Tabla 6 *Comparación de potencia entre instalación actual y con tubos Led*

	Potencia Estimada kW	Energía kWh	Consumo Energético estimado kWh
Instalación Actual	54,56	436,48	392,83
Instalación Propuesta Tubos Led	24,55	196,41	176,77

El ahorro energético potencia entre las instalaciones ronda de 393 kWh a 176,77 kWh, superior al 50% .

5.3 Automatización.

Los controles automáticos de iluminación reducen el consumo y aumentan la eficiencia, controlando los paramentos de referencia. El objetivo de esta etapa es mantener los niveles de confort e iluminación cuando se necesiten con una interfaz fácil y que el control conlleve una reducción del consumo.

Se realizó un estudio de aplicabilidad de sensores on/off, en los diferentes recintos, del cual se concluye que se pueden utilizar en aulas, gabinetes, laboratorios sensores para empotrar en techos conectados a un pulsador tradicional para la activación del automatismo con un retardo de 5 minutos. En el caso de los pasillos utilizar sensores infrarrojos, para interiores con montaje en las paredes que acciones el 50 % de las luminarias para poder disminuir el consumo, pero no dejar completamente oscuro los pasillos, para este caso el retardo puede ser de 3 a 5 minutos. Para los sanitarios se debe emplear un sensor infrarrojo de pared con un retraso recomendable de 15 minuto.

5.4 Sistema de gestión y monitoreo de la energía.

Como última etapa se propone implementar un sistema de gestión de la energía, conforme a la norma ISO 50001, también la incorporación de un registrador de energía en el tablero eléctrico principal, lo que permite una mejora continua y consistente en el tiempo. El sistema es integrable al sistema de gestión de la calidad ISO 9001 que ya se encuentra en funcionamiento y los beneficios inmediatos que se pueden obtener son:

- Ahorro de los costos energéticos.
- Disminución de tiempo de fallas en la instalación.
- Conocimiento del gasto energético.
- Disminución de los gases de efecto invernadero.
- Impacto positivo en el medio ambiente.
- Mejora de imagen ante la sociedad.

6. CONCLUSIONES.

Esta investigación preliminar se centró en el uso de la energía y en la determinación de valores bases. Se consiguió el cálculo de cambio de tubos y se obtuvieron los valores de ingresos para continuar con otro objetivo de este proyecto. El siguiente objetivo tiene en consideración el diseño del sistema de cogeneración fotovoltaico.

El próximo desafío es poder determinar si el área de la terraza de la facultad es suficiente para la cantidad de paneles. Además, es importante determinar cuán grande debería ser el recinto de baterías para poder abastecer a la facultad por 1 día de autonomía.

Queda demostrado que los ahorros, en cada etapa, se incrementan y significan una mejora significativa en el uso de la energía. La principal ventaja de esta implementación por etapas es que son independientes y se pueden ejecutar en simultáneo. Cualquier medida que sea implementada, ya sea hoy o en un futuro, involucra que exista una toma de conciencia y un serio compromiso de parte de todos los que, en menor o mayor medida, forman parte y representan a la Facultad de Ingeniería de Lomas de Zamora.

7. REFERENCIAS.

- [1] Alexander Freier (2016) La situación de la cooperación energética entre Argentina y Brasil en el área de la energía renovable: ¿Integración, difusión o fragmentación? Relaciones internacionales versión On-line ISSN 2314-2766 www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-27662016000200006&lang=es
- [2] Superintendencia de riesgo de trabajo. (2016). "La iluminación en el ambiente laboral". https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2016/08/Guia_practica_1_Iluminacion_2016.pdf
- [3] Norma IRAM-AADL J 20-06: 1972 Luminotecnia Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación. Instituto Argentino de Normalización Y Certificación
- [4] Silverio Hernández Moreno (2015) Análisis comparativo por ciclo de vida de tres tipos de luminarias empleadas en los interiores de edificios Revista Electrónica Nova Scientia, Toluca, México
- [5] O. González, A. Pavas, S. Sánchez, "Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda", UIS Ingenierías, vol. 16, no. 2, pp. 217 -226, Julio -Diciembre 2017. Doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v16n2-2017020>
- [6] Moisés Roberto Guerra Menjívar (2012) "Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones" ISSN 2221-1136, Editorial Universidad Don Bosco, año 3, No.5, Diciembre de 2012 – Mayo de 2013, pp. 123-133
- [7] Carlos F. González H., Miguel A. Franco N., Manuel J. Sol H., Oscar J. Guevara P (2016) Análisis comparativo en la medición de iluminación en espacios de estudio y su eficiencia energética Simposio de Metrología 2016
- [8] López López, J. 1 , Álvarez Ley, J. 1 , Bassam, A.2, (2017), Eficiencia Energética en Luminarias: Estudio de Caso, Ingeniería, vol. 21, núm. 3, 2017, pp. 1-12, Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46754522001>
- [9] Enrique A. Sierra, Alejandro A. Hossian, Ramón García Martínez y Pablo D. Marino (2005) Sistema experto para control inteligente de las variables ambientales de un edificio energéticamente eficiente, XI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, 21 al 23 de septiembre de 2005 Neuquen – Argentina
- [10] ISO 50001:2011 Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Instituto Argentino de Normalización Y Certificación
- [11] Dra. Carolina Stanley y Dra. Gabriela Agosto (2018) Objetivos De Desarrollo Sostenible Informe País Argentina 2018 Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe-ods-todo.pdf>

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las autoridades de la facultad por el acceso a los recintos, al equipo de trabajo del laboratorio de gestión ambiental por la colaboración en todas las instancias del trabajo.

Análisis estadístico de vientos de una zona de Bahía Blanca como recurso energético

Hernández, Alicia^{1,2}; García, Liliana²; Guillon, M de la Paz²; Basterra del Vall Iturria, Carolina^{1,2}; Pistonesi, Carlos¹; Di Pratula, Horacio¹

¹Fac. Regional Bahía Blanca - Universidad Tecnológica Nacional – 11 de abril 461, Bahía Blanca
aliciahe@criba.edu.ar

²Departamento de Matemática - Universidad Nacional del Sur – Avda. Alem 1253, Bahía Blanca
lgarcia@uns.edu.ar

RESUMEN

El uso de fuentes de generación eléctrica basadas en energías renovables es de interés creciente a nivel mundial, no sólo por la situación de las reservas de combustibles fósiles, sino también por el bajo impacto ambiental que producen. La energía eólica es la energía renovable de mayor crecimiento en los últimos años, con una capacidad mundial instalada de 591GW a fines de 2018, donde Argentina aportó sólo 0,98GW. Bahía Blanca y su región presentan un interesante potencial eólico, debido a sus condiciones geoclimáticas. Los parques eólicos en funcionamiento, que suman una potencia instalada de casi 600MW, y los que están en ejecución, muestran que la ciudad y la región son un polo de desarrollo en este tipo de generación de energía.

Dado que la velocidad del viento varía de un lugar a otro (y por lo tanto, también la densidad de la potencia), previo al emplazamiento de un parque eólico, se debe contar con la estimación de la densidad de la potencia, para lo cual es preciso conocer la distribución de probabilidad y los parámetros que caracterizan la velocidad del viento en esa región. La distribución de Weibull es ampliamente utilizada para modelar probabilísticamente la velocidad del viento. El objetivo principal del presente trabajo es estimar los parámetros de forma y escala de dicha distribución a 80m de altura en una zona aledaña a Bahía Blanca, a partir de mediciones de velocidad registradas a 60m de altura. Para su realización se contó con la totalidad de las mediciones de velocidad promedio de viento cada 10 minutos del año 2016, obtenidas mediante una estación meteorológica de NRG Systems equipada con un data logger Symphonie Modelo 3090, propiedad del Grupo de Estudio Sobre Energía de UTN-FRBB. El análisis estadístico de los datos fue realizado mediante los software Statgraphics Centurion y SPSS.

Palabras Claves: energía eólica – velocidad de viento – distribución Weibull – estimación de parámetros

ABSTRACT

The interest in the use of electricity generation sources based on renewable energies is increasing worldwide, not only due to the situation of fossil fuel reserves, but also because of the low environmental impact they produce. Wind power is the fastest growing renewable energy source in recent years, with a global installed capacity of 591GW in the end of 2018, where Argentina contributed only 0.98GW. Bahía Blanca and its region have an interesting wind potential caused by their geoclimatic conditions. The wind farms in operation, which add an installed capacity of almost 600 MW, and the ones that are running, show that the city and the region are a development pole in this type of electricity generation.

Since the wind speed varies from one place to another (and therefore, also the density of the wind power), prior to the location of a wind farm, the estimation of the density of the power must be counted, that is why it is necessary to know the probability distribution and the parameters that characterize the wind speed in the region. To model the wind speed probabilistically it is widely used the Weibull distribution. The main objective of this work is estimate shape and scale parameters of this distribution at 80m height in an adjacent area to Bahía Blanca, based on speed measurements recorded at 60m height. For its realization, all the average wind speed measurements were counted every 10 minutes during the entire 2016, which were obtained by a NRG Systems weather station equipped with a Symphonie Model 3090 data logger, owned by the UTN – FRBB Energy Study Group. The statistical analysis of the data was performed by the Statgraphics Centurion and SPSS software.

1. INTRODUCCIÓN

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) predice un escenario para el 2030 con una población mundial de alrededor de ocho mil millones, que implicaría un aumento de alrededor del 60% en el consumo energético, con el consecuente incremento del empleo de combustibles fósiles [1]. Paralelamente, se estima que las emisiones de CO₂ aumentarán un 62%, confrontando drásticamente con las recomendaciones formuladas en la última cumbre sobre cambio climático de la Organización de Naciones Unidas [2]. Las emisiones de CO₂ en Argentina parecen no preocupar, ya que sus casi 300.000 kTn/año registradas en 2017 representan, en la emisión mundial, un escaso valor (puesto 28 del ranking global). Sin embargo, en el periodo 2005 – 2017 se registró un aumento en las emisiones de CO₂ del 69%, y del 172% si se considera a partir de 1990 [3], lo cual sí es preocupante, más aun teniendo en cuenta que no se corresponde con un incremento análogo en la actividad industrial.

El uso de fuentes de generación eléctrica basadas en energías renovables representa un cambio fundamental en el paradigma energético. Se observa un interés creciente a nivel mundial en la utilización de energías renovables, no sólo por la situación de las reservas de combustibles fósiles, sino también por el bajo impacto ambiental que producen, sobre todo, en cuanto a emisiones de CO₂ se refiere. En nuestro país, de extenso territorio y condiciones geoclimáticas diversas, es factible el desarrollo de una gran variedad de formas de generación de energía no convencional. En los últimos años, la generación de energía solar y eólica ha ido creciendo sostenidamente, totalizando en la actualidad casi un 4% de la potencia instalada del país [4]. Mientras que el Noroeste es la principal región elegida para desarrollar grandes proyectos de energía solar, las zonas serranas y costeras del sur de la provincia de Buenos Aires y toda la Patagonia, son las que atraen más iniciativas de proyectos de energía eólica [5,6].

En la zona sur de la provincia de Buenos Aires se encuentra la ciudad de Bahía Blanca, cuyos vientos promedio medidos a 80 metros de altura superan largamente los 6 m/seg, razón por la cual su zona de influencia se ha constituido en un polo de desarrollo muy importante en lo que a energía eólica se refiere. En los últimos tiempos se han concretado una gran cantidad de emprendimientos en esta región. Por ejemplo, el parque eólico (PE) García del Río con una capacidad de producción de 10 MW, el PE Corti de 100 MW y el PE Genoveva de 86,60 MW, en el partido de Bahía Blanca; el PE Vientos del Secano de 50 MW en Mayor Buratovich, el PE Villalonga de 50 MW en la localidad homónima, el PE La Castellana de 99 MW en el partido de Villarino y los PE San Jorge y El Mataco I de 200 MW en conjunto, cercanos a la ciudad de Tornquist. Los citados emprendimientos suman una potencia instalada de casi 600 MW y pueden aportar al Sistema Eléctrico Nacional una energía cercana a los 250 GWh mensualmente [4].

La energía eólica es una forma de generación cuya estimación de la producción futura es difícil de cuantificar, ya que obedece al comportamiento (no determinístico) del viento en el sitio de emplazamiento del aerogenerador y a la eficiencia de la turbina eólica. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, es necesario caracterizar la variación de la velocidad del viento para poder calcular con antelación cual será el aporte energético de cada uno de los aerogeneradores que serán instalados en un determinado lugar.

La velocidad del viento varía de un lugar a otro, dependiendo de las condiciones climáticas, del paisaje y del terreno. Se consideran vientos aprovechables para la generación de energía eólica aquellos cuyas velocidades superan los 4m/seg [7]. Para modelar la velocidad del viento se utiliza generalmente la distribución de probabilidad de Weibull de dos parámetros (forma y escala), pues se ha comprobado que ajusta en forma adecuada datos de velocidad de viento tanto en las capas de aire superiores como en la superficie [8]. El parámetro de escala de la distribución de Weibull guarda relación con la velocidad media del viento e indica cómo es de ventoso, en promedio, el lugar; el parámetro de forma señala cómo es de puntiaguda la distribución (si las velocidades del viento siempre tienden a estar próximas a un cierto valor, se observará un pico en la distribución sobre ese valor). Se ha observado además, en un alto porcentaje de casos, que la predicción de energía producida por aerogeneradores basada en la distribución de probabilidad de Weibull para la velocidad del viento, tiene una gran semejanza con los valores reales [9].

2. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Villarino Viejo, a 30 km de Bahía Blanca, en proximidades del mar, es una zona de potencial interés para la futura localización de un parque eólico, dadas sus características climáticas y de terreno. El Grupo de Estudios Sobre Energía (GESE), perteneciente a la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRBB), registra allí desde 2012, a través de una estación meteorológica de NRG Systems equipada con un data logger Symphonie Modelo 3090, la velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, a 20 y 60 metros de altura. Sin embargo, para la instalación de aerogeneradores actuales, de gran porte, se requiere conocer la velocidad del viento a alturas de 80 metros o más. Esto motivó el planteo de los siguientes objetivos para el presente trabajo, referidos todos ellos a la citada zona:

- Caracterizar, a partir de los registros existentes, la velocidad del viento a 60m de altura.
- Estimar los parámetros de la distribución de Weibull para la velocidad del viento a 80m de altura.
- Evaluar probabilísticamente la existencia de vientos a 80m de altura aprovechables para la generación de energía.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los registros de velocidad del viento generalmente se presentan como una serie de tiempo, en la cual cada registro corresponde al valor instantáneo o al promedio de velocidad del viento en un período de tiempo. En un programa de monitoreo de energía eólica se trabaja usualmente con intervalos de 10 minutos para el cálculo de la velocidad promedio, por lo cual la estación meteorológica que se utilice, brinda en tiempo real un dato de velocidad promedio del viento cada 10 minutos [7], como es el caso de la estación instalada en la zona de Villarino Viejo en estudio. El presente trabajo se realizó con la totalidad de los datos de velocidad promedio del viento a 60m del año 2016. Se eligió este año por ser, entre los asentados, el de menor cantidad de datos faltantes. Se considera, además, que es un año climáticamente típico para la región, como puede apreciarse en la Figura 1, en la que se comparan las mediciones realizadas durante el año 2016 con las del 2017.

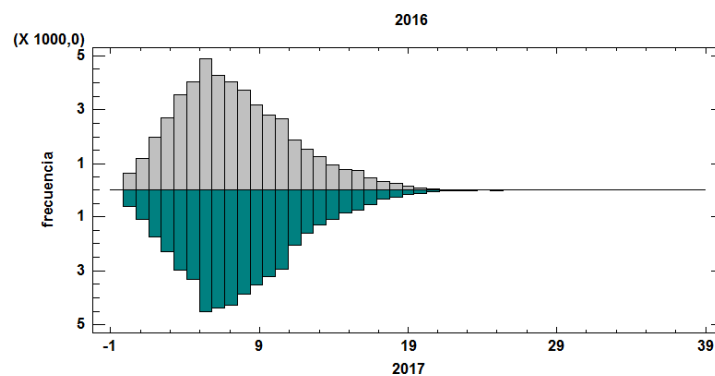


Figura 1 Velocidad promedio del viento año 2016 vs 2017

Si bien se disponía de los registros de las velocidades promedio del viento a 20 y 60 m de altura, para la estimación de los parámetros de la distribución de Weibull de la velocidad a 80 m, se desestimaron las lecturas a 20 m, porque la velocidad del viento a esta altura se ve más afectada por las condiciones del terreno u obstáculos cercanos, que la velocidad a 60 m [7].

La extrapolación de velocidades del viento a 80 m de altura se realizó, siguiendo las recomendaciones de la International Electrotechnical Commission (IEC), mediante la Ley Exponencial de Hellmann, fijando un coeficiente de fricción de 0.2 acorde con las características del terreno [10,11].

Para la verificación de la bondad de ajuste de la velocidad del viento a una distribución Weibull, se trabajó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov y también con la de Anderson-Darling, ya que esta es más sensible a la falta de ajuste a una distribución Weibull de 2 parámetros [12].

El análisis estadístico de los datos se efectuó mediante los software Statgraphics Centurion y SPSS, con licencia del Centro de Estudios de Calidad Total de la Universidad Nacional del Sur.

4. DESARROLLO Y RESULTADOS

En la tabla 1 se presenta el resumen estadístico de los datos de velocidad promedio del viento a 60 m de altura (en m/seg) del año 2016.

Tabla 1 Resumen estadístico de la velocidad promedio del viento

N	48384
Media aritmética	7,42
Mediana	6,9
Desviación estándar	3,96
Coefficiente de variación (%)	53,31
Cuartil inferior	4,55
Rango intercuartílico	5,25
Percentil del 20%	4
Sesgo estandarizado	-75,28
Curtosis estandarizada	13,75

Se observa que la distribución de los datos es asimétrica positiva y presenta una alta variabilidad relativa, acorde con las características de la variable en estudio (Tabla 1 y Figura 2). El 80% de las velocidades promedio registradas corresponde a vientos aprovechables energéticamente.

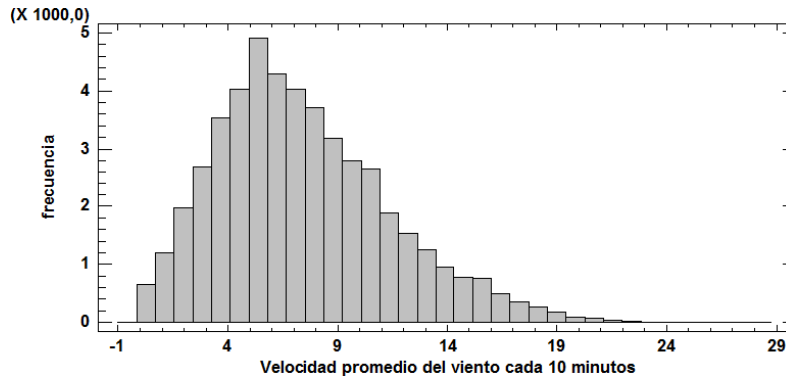


Figura 2 Histograma de la velocidad promedio del viento

Para la prueba de bondad de ajuste de los datos a una distribución Weibull, fue necesario realizar un muestreo, ya que las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling no brindan resultados confiables cuando se trabaja con grandes conjuntos de datos [13]. En nuestro caso, el total de las mediciones del año 2016 es de 48384 (Tabla 1), por lo cual se realizó la prueba de bondad de ajuste a una muestra de 2406 datos, seleccionados aleatoriamente mediante el software SPSS, que se corresponde con el 5% de las mediciones de velocidades promedio de vientos disponibles.

Tanto la prueba de Kolmogorov-Smirnov (valor $P=0,473$) como la de Anderson-Darling (valor $P \geq 0,10$) confirman que la distribución de Weibull con dos parámetros modela adecuadamente la distribución de la velocidad del viento en la zona analizada (Figura 3). La estimación de los parámetros de forma (α) y escala (β) se realizó con la totalidad de los datos, siendo de 1,959 y 8,374 m/seg respectivamente.

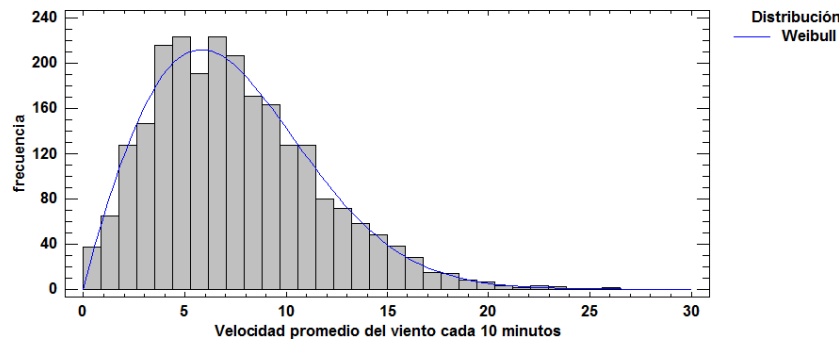


Figura 3 Histograma de la velocidad promedio del viento con muestreo

El mes de registro es naturalmente uno de los factores que inciden en la variabilidad de la distribución de la velocidad de los vientos. En la Tabla 2 se exhibe el resumen estadístico de la velocidad promedio del viento (en m/seg) en cada uno de los meses del año 2016:

Tabla 2 Resumen estadístico de la velocidad promedio del viento por mes

Mes	N	Media Aritmética	Desvío Estándar	Mediana	Coficiente de Variación (%)	Rango Intercuartílico
Enero	3906	8,052	3,837	7,7	47,646	5,4
Febrero	3690	7,803	3,331	7,5	42,688	4,6
Marzo	3924	7,827	3,653	7,7	46,675	5,1
Abril	3798	6,467	3,203	6,2	49,528	4,6
Mayo	3906	5,546	3,580	4,8	64,560	4,1
Junio	4320	5,785	3,291	5,1	56,890	4,8
Julio	4464	5,877	2,950	5,7	50,210	3,7
Agosto	4464	7,848	4,003	7,0	51,010	4,9
Setiembre	4194	7,281	4,119	6,5	56,583	5,1
Octubre	3978	7,718	3,905	7,2	50,603	5,2
Noviembre	3816	9,231	4,049	8,8	43,854	5,9
Diciembre	3924	10,004	4,635	9,4	46,330	6,8

Los meses con menor velocidad promedio de viento son mayo, junio y julio, mientras que diciembre es el de mayor velocidad promedio.

En la Tabla 3 se muestran, para cada uno de los meses, el valor P de Kolmogorov-Smirnov correspondiente a la prueba de bondad de ajuste para la distribución de Weibull y sus respectivos valores de parámetro de forma y escala. Tanto la prueba Kolmogorov-Smirnov como la prueba de Anderson-Darling, que arrojó valor $P \geq 0,10$ en todos los meses, confirman el buen ajuste a la distribución de Weibull. Para la realización de las pruebas, en cada mes se seleccionó aleatoriamente una muestra del 10% de la totalidad de los datos de ese mes.

Tabla 3 *Estimación de parámetros Weibull y prueba de bondad de ajuste mensual*

Parámetros Weibull			
Mes	α	β (m/seg)	Valor P
Enero	2,20763	9,08234	0,549
Febrero	2,498	8,79414	0,535
Marzo	2,25429	8,81978	0,868
Abril	2,11596	7,29263	0,561
Mayo	1,6185	6,20654	0,432
Junio	1,82714	6,51506	0,280
Julio	2,07201	6,62393	0,289
Agosto	2,06688	8,87116	0,245
Septiembre	1,86038	8,21834	0,187
Octubre	2,07345	8,71423	0,875
Noviembre	2,43791	10,41754	0,952
Diciembre	2,30202	11,30413	0,214

Una vez caracterizada la velocidad del viento a 60 m de altura, demostrado que su distribución (anual y para cada mes) se ajusta adecuadamente a una función Weibull de dos parámetros y estimados dichos valores, se obtuvieron las velocidades de viento a 80 m de altura, a partir de las velocidades a 60 m, mediante la aplicación de la Ley Exponencial de Hellmann.

La media de las velocidades estimadas a 80 m resultó 7,86 m/seg, con un desvío estándar de 4,19 m/seg. Se realizaron, a partir de un muestreo aleatorio al 5%, las pruebas de bondad de ajuste a una distribución Weibull de dos parámetros, las cuales resultaron confirmatorias: valor P de Kolmogorov-Smirnov: 0,442; valor P de Anderson-Darling: mayor que 0,10. Se estimaron luego los valores de los parámetros: $\alpha = 1,95875$ y $\beta = 8,8699$ m/seg.

De acuerdo con los resultados obtenidos para la distribución de la velocidad del viento a 80 m, la probabilidad de que se registren vientos con velocidad superior a 4 m/seg supera el 80%.

Análogamente a lo realizado con los datos de velocidad de viento a 60 m de altura, se confirmó el ajuste a la distribución de Weibull para los datos mensuales a 80 m. En la tabla 4 se presenta el resumen estadístico (en m/seg), que incluye los valores estimados de los parámetros de la distribución y el valor P de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (la prueba de Anderson-Darling arrojó valor $P \geq 0,10$ en todos los meses). Para la realización de las pruebas en cada mes se seleccionó aleatoriamente una muestra del 10% de la totalidad de los datos de ese mes.

Tabla 4 *Estimación de parámetros Weibull y prueba de bondad de ajuste mensual a 80 m de altura*

Mes	Media Aritmética	Desvío Estándar	Parámetros Weibull		Valor- P	P(X \geq 4) (%)
			α	β		
Enero	8,52978	4,0641	2,20765	9,62017	0,248	86,58
Febrero	8,26482	3,52866	2,49807	9,31482	0,489	88,60
Marzo	8,29104	3,86952	2,25413	9,34192	0,567	86,26
Abril	6,84894	3,39204	2,11586	7,72445	0,363	78,00
Mayo	5,87466	3,79224	1,6182	6,57380	0,230	63,92
Junio	6,1272	3,48588	1,82695	6,90077	0,364	69,13
Julio	6,22656	3,1257	2,07181	7,01607	0,664	73,19
Agosto	8,31312	4,24074	2,06683	9,39659	0,167	84,27
Setiembre	7,71144	4,36356	1,86025	8,70486	0,216	79,03
Octubre	8,1765	4,13724	2,07336	9,23019	0,790	83,81
Noviembre	9,77868	4,28766	2,43784	11,03441	0,929	91,92
Diciembre	10,59702	4,91004	2,30199	11,97357	0,140	92,30

La probabilidad (en %) de obtener vientos con velocidades que superen los 4m/seg se puede observar en la última columna de la Tabla 4. Mayo, junio y julio serían los meses con menor porcentaje de vientos aprovechables como recurso energético y, aun así, este porcentaje supera el 60%.

5. CONCLUSIONES

Se pudo observar que en la zona de Villarino Viejo en estudio, los vientos a 60 m de altura registran una velocidad promedio de 7,42 m/seg, con una alta variabilidad relativa y marcada asimetría positiva, acorde con las características de la variable en estudio. Los meses con menor velocidad promedio de viento son mayo, junio y julio, mientras que diciembre es el de mayor velocidad promedio. El 80% de las velocidades promedio registradas corresponde a vientos aprovechables energéticamente.

Mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling se comprobó que la velocidad del viento a 60m de altura, tanto para el año en evaluación como para cada uno de los meses, se ajusta adecuadamente a una distribución Weibull, con parámetros (anuales) de forma $\alpha = 1,959$ y escala $\beta = 8,3738$ m/seg.

Por medio de la Ley Exponencial de Hellmann, con un coeficiente de fricción de 0.2 (acorde con las características del terreno), se calcularon las velocidades de viento a 80 m de altura, a partir de las velocidades a 60 m. La velocidad promedio resultó de 7,87 m/seg, con un desvío estándar de 4,19 m/seg. Se comprobó estadísticamente que, al igual que lo demostrado para la velocidad del viento a 60m, la distribución Weibull modela de manera apropiada (anual y mensualmente) el comportamiento de los vientos a 80 m de altura. Los parámetros anuales de forma y escala son en este caso $\alpha = 1,9588$ y $\beta = 8,8699$ m/seg. De acuerdo con los resultados obtenidos, la probabilidad de que a 80 m de altura se registren vientos aprovechables para el mercado energético es de 0,81.

El trabajo realizado constituye un estudio preliminar que se debe llevar a cabo antes de decidir el emplazamiento de un parque eólico, ya que es necesario caracterizar la variación de la velocidad del viento para poder calcular con antelación cual será el aporte energético de cada uno de los aerogeneradores que serán instalados en un determinado lugar. Este estudio preliminar está enmarcado dentro de una investigación que realiza el Grupo de Estudios Sobre Energía (GESE), perteneciente a la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRBB, orientada a estimar el potencial de energía eólica (en W/m^2) para la generación de energía eléctrica de la zona de Villarino Viejo.

6. REFERENCIAS

- [1] The International Energy Agency. <https://www.iea.org> [Consulta en línea: 18/06/19].
- [2] "Informe de la 24ª Conferencia de las Partes". (2018). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Katowice, Polonia.
- [3] Muntean, M.; Guizzardi, D.; Schaaf, E.; Crippa, M.; Solazzo, E.; Olivier, J.G.J.; Vignati, E. (2018). "Fossil CO2 emissions of all world countries. 2018 Report". *Joint Research Centre (JRC)*. Bruselas, Bélgica.
- [4] "Síntesis del Mercado Eléctrico Mayorista de la República Argentina (mayo de 2019)". (2019). *Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)*. Buenos Aires, Argentina.
- [5] Brizuela, A. (1982). "Evaluación preliminar del recurso eólico en Argentina". *Red Solarimétrica*. Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. Buenos Aires, Argentina.
- [6] Brizuela, A.; Aiello, J. L. (1988). "El recurso eólico en la Provincia de Buenos Aires. Primera parte: estadísticas del viento". *Red Solarimétrica*. Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. Buenos Aires, Argentina.
- [7] Hernández Rosales, A.; Ortega Vega, O. (2014). "Análisis estadístico del viento como recurso energético". *XXIII Congreso Mexicano de Meteorología y VIII Congreso Internacional de Meteorología*. Tuxtla Gutiérrez, México.
- [8] Bowden, G.J.; Barker, P.R., Shestopal, V.O., Twidell, J.W. (1983). "Weibull distribution function and wind power statistics". *Wind Engineering. Volume 7, Issue 2, 85-98*. Sage publications. ISSN: 0309-524X.
- [9] Parajuli, A. (2016). "A Statistical Analysis of Wind Speed and Power Density Based on Weibull and Rayleigh Models of Jumla, Nepal". *Energy and Power Engineering. Vol.8, No.7, 271-282*. ISSN: 1949-243X.
- [10] The International Electrotechnical Commission. <https://www.iec.ch> [Consulta en línea: 05/06/19].
- [11] Kawas, N.; Mejía Escobar, E.; Gómez Canales, G. (2013). "Determinación del potencial de generación de energía renovable en la UNAH". *Revista Ciencia y Tecnología Nro. 13, 96-109*. Honduras. ISSN: 1995-9613.
- [12] Evans, J.; Johnson, R.; Green, D.(1989). "Two and three parameter Weibull goodness-of-fit tests". *Research Paper 493. Forest Products Laboratory, United States Department of Agriculture*. Madison, Estados Unidos de América.
- [13] Semenova, M; Khalin, D. (2018). "Research of Statistic Distributions of Nonparametric Goodness-of-Fit Tests by Large Samples". *XIV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE)*. Novosibirsk, Rusia.

Evaluación de prácticas de remediación ambiental y su impacto sobre la calidad del suelo

de los Ríos, A. *; Garrido, G.; Leiva, D.; Amato, A; Patitucci, M.; Rodríguez, M.

Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Provincia de Buenos Aires. Argentina. adelosrios@unlam.edu.ar

RESUMEN

La promoción y el desarrollo de un modelo agrícola sostenible y resiliente está relacionado con la aplicación de técnicas e insumos que aseguren la preservación del medio garantizando la sostenibilidad del sistema productivo. La creciente industrialización de zonas periurbanas ha traído como consecuencia un marcado deterioro de los cursos de agua y como consecuencia de sus suelos, puesto de manifiesto en un menor contenido de materia orgánica, con desequilibrio químico y biológico, presencia de elementos contaminantes y por ende una disminución en su capacidad productiva. Los desechos vertidos en las cuencas, aunque no sea de manera intencional, finalizan en el agua debido al efecto de arrastre que ejerce la lluvia, la cual los conduce hacia las zonas más bajas topográficamente. La degradación de estos ecosistemas repercute tarde o temprano en la calidad de vida de la población, ya sea directamente en la salud, por el costo de potabilización del agua, el deterioro del paisaje, la disminución de espacios para recreación o al incapacitar el potencial productivo de los suelos.

A su vez, el desarrollo de la conciencia ambiental de las personas, así como los cuidados de la salud, hacen que cada vez sea mayor la demanda de soluciones frente a la problemática de la contaminación.

La contaminación antrópica de los suelos justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos. Para que la fitoextracción sea posible, los contaminantes deben estar presentes en los horizontes del suelo cercanos a la zona radical de las plantas, en formas biodisponibles para las mismas. Las plantas acumuladoras presentan predisposición genética a compartimentalizar los metales extraídos y así evitar su toxicidad. Pueden adicionarse agentes quelantes orgánicos naturales o sintéticos para incrementar la biodisponibilidad de metales en el suelo. En este trabajo se estudiará el efecto sobre los suelos y vegetales de la adición de sustancias orgánicas y su efecto en la calidad del suelo, a través de análisis físico-químicos y ecotoxicológicos.

Palabras clave: remediación- huertas urbanas- agentes quelantes

ABSTRACT

The promotion and development of a sustainable and resilient agricultural model is related to the application of techniques and inputs that ensure the preservation of the environment, by guaranteeing the sustainability of the productive system. The growing industrialization of peri-urban areas has brought as a consequence a marked deterioration of watercourses and as a consequence of their soils, manifested in a lower content of organic matter, with chemical and biological imbalance, presence of contaminating elements and therefore a decrease in their productive capacity. The waste dumped in the basins, although not intentionally, ends up in the water due to the dragging effect exerted by the rain, which leads them to the lower areas topographically. The degradation of these ecosystems sooner or later affects the quality of life of the population, either directly in health, by the cost of water purification, the deterioration of the landscape, the reduction of spaces for recreation or by incapacitating the productive potential of soils. At the same time, the development of people's environmental awareness, as well as health care, make the demand for solutions to the problem of pollution ever greater. Anthropogenic soil contamination justifies the study of low-cost remediation strategies, such as phytoremediation and the addition of natural and synthetic organic compounds. In order for phytoextraction to be possible, contaminants must be present in the soil horizons close to the root zone of plants, in forms bioavailable to them. Accumulating plants are genetically predisposed to compartmentalize the extracted metals and thus avoid their toxicity. Natural or synthetic organic chelating agents can be added to increase the bioavailability of metals in the soil. In this work we will study the effect on soils and plants of the addition of organic substances and their effect on soil quality, through physical-chemical and ecotoxicological analyzes.

1. INTRODUCCIÓN

Los cursos de agua urbanos y los grandes ríos y estuarios del mundo se encuentran altamente impactados por las actividades humanas. Esto se debe a su colonización temprana como vías navegables, como zonas de embarco o desembarco, a actividades industriales y a los asentamientos humanos que surgen asociados a estas actividades. Los desechos vertidos en las cuencas, aunque no sea de manera intencional, finalizan en el agua debido al efecto de arrastre que ejerce la lluvia, la cual los conduce hacia las partes más bajas topográficamente. Todo tipo de urbanización, sea ésta grande o pequeña, produce desechos tanto por vía atmosférica, terrestre o hídrica, y en cualquiera de los casos, el destino final es el cuerpo de agua donde drena la cuenca entera [1].

La degradación de estos ecosistemas repercute tarde o temprano en la calidad de vida de la población, ya sea directamente en la salud, por el costo de potabilización del agua, el deterioro del paisaje, la disminución de espacios para recreación, o simplemente al incapacitar el potencial productivo de los suelos.

Los suelos cumplen funciones amortiguadoras por medio de neutralización, degradación biótica o abiótica, precipitación, disolución, oxidación-reducción, formación de complejos orgánicos o insolubilización y adsorción. Ciertos parámetros del suelo afectan esta capacidad depuradora o *buffer* y la biodisponibilidad de los elementos, así como la concentración y tipo de metales que se encuentran presentes. El pH es uno de esos parámetros, así como también lo es la materia orgánica, los óxidos de hierro y el contenido de arcillas minerales, que juegan un rol importante al determinar la unión de los metales dentro del suelo [2].

Por lo tanto, para cada situación el poder *buffer* de un suelo tiene un límite, y cuando éste es superado una de las vías de solución es la aplicación de compost.

Los constituyentes de la materia orgánica le proporcionan sitios para la adsorción de elementos (grupos funcionales con comportamiento ácido, tales como carboxílicos, fenólicos, alcohólicos, enólicos-OH y grupos aminos), pudiendo ser la principal fuente de la capacidad de intercambio catiónico en las capas superficiales del suelo. El contenido de materia orgánica interviene de manera diferente en la retención o solubilidad de los metales en función de si el suelo es ácido o básico.

En el caso de la República Argentina, los "valores guía" o niveles máximos permisibles de metales pesados en suelos se encuentran tabulados en el Decreto 831 de la Ley Nacional 24.051 (Tabla 1), la cual fue sancionada en el año 1991 [3].

Tabla 1. Máximos permisibles de metales pesados (mg.kg^{-1}) para suelos de diferentes usos (Decreto Reglamentario de la Ley 24.051).

	Pb	Cu	Cr	Zn	Cd
Agrícola	375	150	750	600	3
Residencial	500	100	250	500	5
Industrial	1000	500	800	1500	20

La cuenca Matanza-Riachuelo es la región ambiental y socialmente más degradada de Argentina, y una de las diez más contaminadas del planeta.

La presencia de plantas en el suelo afecta la concentración de los metales al absorberlos y acumularlos en su biomasa, y a partir de la generación de cambios en su movilidad a lo largo del perfil del mismo.

La fitorremediación puede inducir cambios físico-químicos en el suelo por el efecto que produce la vegetación, afectando el destino de los elementos traza de diversas maneras [4], entre las que pueden mencionarse: - Cambios en los movimientos de agua, - Agregado de materia orgánica al suelo, - Cambios en el pH del suelo, - Cambios en la especiación de los metales, - Promoción del crecimiento de los organismos del suelo, - Bioacumulación, - Cambios en las características físicas del suelo,

1.1. Problemática a investigar

Las regiones urbanas y periurbanas de la provincia de Buenos Aires han sufrido amplias modificaciones en el paisaje y en la provisión de los servicios ecosistémicos en los últimos años. Si la concentración de metales en los suelos supera los niveles máximos admisibles establecidos en la ley 24.051 para casi todos los usos, esto constituye un riesgo para la salud humana y el medio ambiente en general. El vertido de aguas residuales con o sin tratamiento, provenientes de la industria, efluentes cloacales, desechos domésticos y los contaminantes asociados al escurrimiento superficial de aguas pluviales, han llevado a esta situación [1]. La actividad agrícola intensiva como es la horticultura, es particularmente extractiva de nutrientes y sensible a la contaminación por presencia de elementos tóxicos. En este contexto es necesario el empleo de prácticas de manejo que promuevan la recuperación y mantenimiento de los suelos, y por lo tanto la sostenibilidad de los agroecosistemas.

La contaminación antrópica de los suelos por metales justifica el estudio de estrategias de remediación de bajo costo, como la fitorremediación y el agregado de compuestos orgánicos naturales y sintéticos para optimizar el proceso. Una de las técnicas disponibles consiste en la incorporación de compost. El compost está reconocido mundialmente como un material agrónomicamente completo y fuente de recursos minerales, pudiendo ser aplicado como fertilizante (suministrador de nutrientes) y como enmienda orgánica de suelos (mejora la estructura del suelo), permitiendo recuperar distintas especies químicas contenidas en ellos, posibilitando el cierre de los ciclos biogeoquímicos y minimizando el impacto negativo que algunos de éstos ejercen sobre el medio ambiente.

La fitoextracción es otro de los procedimientos que pueden utilizarse para el saneamiento ambiental. Es una tecnología emergente que consiste en el empleo de especies vegetales acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables. Se emplea con el objetivo de mejorar ambientes degradados y, en comparación con otras técnicas como la remoción de suelo o la lixiviación química de contaminantes, tiene menores costos de implementación y menor impacto ambiental.

La fitoextracción recae principalmente en especies que puedan trastocar grandes cantidades de uno o más metales hacia la parte aérea de la planta. Numerosos estudios indican la efectividad de plantas del género *Brassica* en la acumulación y translocación de metales pesados del suelo. Teóricamente, sitios contaminados con metales pueden ser remediados tras repetidos cultivos, con la condición de que la biomasa de plantas cosechada supere en contenido de metales a posibles nuevas entradas al sistema, hasta lograr que la concentración en el suelo alcance niveles aceptables, como aquellos establecidos en la legislación mencionada. Es bien conocido que el pH es uno de los parámetros que más influyen sobre la movilidad y/o disponibilidad de los metales [5]. Por ello utilizar agentes químicos que actúen sobre este parámetro puede llegar a ser una alternativa para aumentar la disponibilidad de metales para las plantas utilizadas para remediar la contaminación de los suelos [6].

A pesar de los antecedentes hallados que permiten considerar a una planta como fitoextractora, o no, de algún metal, es esencial poner a prueba su potencial de fitoextracción en el suelo específico a ser remediado.

El objetivo del presente trabajo es evaluar los efectos de la incorporación de compuestos orgánicos sobre la calidad de suelos periurbanos y determinar la respuesta de distintas especies vegetales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de suelo tomadas de zonas de huertas del partido de La Matanza fueron secadas al aire y luego molidas y tamizadas, para obtener un sustrato homogéneo a partir de un muestreo compuesto.

A partir de las técnicas específicas se ensayaron distintas metodologías físico-químicas y químicas para la caracterización de suelos y materiales orgánicos de uso en horticultura. Se ajustaron los procedimientos. Se comenzó con la caracterización dichos suelos con y sin la aplicación de tratamientos de aplicación de compost, a través de sus parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica) y químicos (Nitrógeno, Carbono fácilmente oxidable, relación C/N, Fósforo, cationes, contenido de materia orgánica).

Se llevarán a cabo bioensayos de ecotoxicología (pruebas de fitotoxicidad).

Se realizarán ensayos de fitorremediación para evaluar la capacidad extractiva de las sustancias orgánicas y sintéticas seleccionadas, añadiéndolas a las muestras de suelos contaminados.

Los análisis de laboratorio se llevarán a cabo en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de La Matanza.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

Se caracterizaron en el laboratorio los compost que serán utilizados en las mezclas empleadas en los experimentos biológicos, a través de sus propiedades físico-químicas y químicas más relevantes. Se trata de compost provenientes de huertas orgánicas y de productores hortícolas, todos producidos a partir de restos vegetales. Los mismos fueron identificados como compost 1, 2, 3, 4, 5 y 6. En todos los casos se realizaron 3 repeticiones de cada muestra para cada parámetro determinado.

En las tablas se indican los valores medidos para los parámetros que permiten caracterizar los compost.

Tabla 2: Valores de pH determinados para los compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
pH en agua 1:2,5	7,6	7,4	7,2	7,6	6,8	7,6
pH en pasta	7,1	7,1	7,2	7,3	6,7	7,4

Tabla 3: Valores de Carbono fácilmente oxidable, Carbono total y contenido de materia orgánica determinados para los compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
%C fox	1,30	2,74	2,18	2,47	12,01	14,14
%C total	1,69	3,56	2,83	3,12	15,61	18,38
% MO	2,86	6,04	4,80	5,47	26,42	31,10

Tabla 4: Contenido de Fósforo disponible en las muestras de compost

COMPOST	1	2	3	4	5	6
P disp. (mg.Kg ⁻¹)	182,36	184,36	195,42	185,36	181,37	171,49

En esta etapa se están caracterizando los materiales que se emplearán en los experimentos. Los mismos se completarán para los suelos y sustratos utilizados.

4. CONCLUSIONES

Tanto las condiciones de producción como los materiales ensayados en el experimento serán similares a los disponibles para ser utilizados por los productores. Como resultado de este trabajo se espera poder realizar una transferencia concreta a la comunidad, encontrando tecnologías de apropiación sencilla, tendientes a la promoción de mejores prácticas agrícolas y el cuidado del ambiente para ser utilizadas en zonas urbanas y periurbanas que presentan con suelos impactados ambientalmente,

5. REFERENCIAS

- [1] Malpartida, A.R. 2003. La cuenca del río Matanza-Riachuelo: revisión de antecedentes: recursos naturales, compuestos xenobióticos y otros contaminantes. http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/009_InformesEspeciales_MatanzaRiachuelo_AlejandroMalpartida.php3
- [2] Tipping, E.; Rieuwerts, J.; Pan, G.; Ashmore, M.R.; Lofts, S.; Hill, M.T.R. 2003. The solid-solution partitioning of heavy metals (Cu, Zn, Cd, Pb) in upland soils of England and Wales. *Environ Pollut* 125:213–225.
- [3] ACUMAR. Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo. <http://www.acumar.gov.ar/>
- [4] Robinson, B.H.; Fernández, J.E.; Madejón, P.; Marañón, T.; Murillo, J.M.; Green, S.R.; Clothier, B.E. 2003a. Phytoextraction: an assessment of biogeochemical and economic viability. *Plant Soil* 249, 1: 117–125.
- [5] Alkorta, I.; Epelde, L.; Mijangos, I.; Amezcua, I.; Garbisu, C. 2006. Bioluminescent bacterial biosensors for the assessment of metal toxicity and bioavailability in soils. *Rev Environ Health* 21:139–152.
- [6] Page A.L., R.H. Miller, D. Keeny. 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy Soil Sci. Of America Madison WI USA. 1159 pp.

Aplicación de Métodos Multicriterio para Selección de Puntos de Análisis de Ruido

*Fit, Cintia Gabriela**; *Kolodziej, Sebastián Federico**; *Cruz, Eugenio Rubén**

* *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM) Oberá, Misiones, Argentina.
CP: 3365. cintiagabrielafit@gmail.com*

RESUMEN.

En el presente trabajo se propone una metodología para la selección de los establecimientos educativos de la ciudad de Oberá en los que posteriormente se llevarán a cabo un análisis detallado para determinar los niveles de ruido a los que están expuestos los usuarios de dichas instalaciones. Para llevar a cabo la selección se aplicaron dos métodos que permiten realizar un análisis con criterios múltiples, tales como los que se necesitan para este análisis; el método de los Factores Ponderados, y el método AHP (Analytic Hierarchie Procesess) o Proceso de Análisis Jerárquico. A partir de la aplicación de los métodos se seleccionaron los establecimientos a ser analizados. Ambos métodos coinciden en los primeros dos establecimientos en nivel de prioridad, pero se presentan variaciones a partir del tercero. En función de ello se considera a los dos primeros como los que pueden verse más perjudicados por el ruido en la ciudad de Oberá. A partir de esta selección se propone realizar mediciones *in situ* en los establecimientos seleccionados a fin de verificar la incidencia del ruido.

Palabras Claves: Establecimientos educativos, Ruido ambiental, Análisis multicriterio

ABSTRACT

This paper proposes a methodology for the selection of educational establishments in the city of Oberá in which a detailed analysis will then be carried out to determine the noise levels to which users of these facilities are exposed. In order to carry out the selection, two methods were applied that allow an analysis with multiple criteria, such as those needed for this analysis; the Weighted Factors method, and the AHP (Analytic Hierarchie Processess) or Hierarchical Analysis Process method. From the application of the methods, the establishments to be analyzed were selected. Both methods coincide in the first two establishments at priority level, but there are variations from the third. Based on this, the first two are considered to be the ones most affected by noise in the city of Oberá. From this selection it is proposed to carry out measurements *in situ* in the selected establishments in order to verify the incidence of noise.

1. INTRODUCCIÓN

El ruido es aquel sonido no deseable o nocivo, y en la actualidad es uno de los principales contaminantes más invasivos. El ruido ambiental puede derivarse principalmente de las siguientes fuentes, construcciones de obras, espacios de esparcimiento, automóviles, industrias, entre otras y estas forman parte de la vida cotidiana de las personas.

La exposición a los diferentes niveles de ruidos puede provocar efectos adversos en la salud y también afectar el bienestar de las personas. La Organización Mundial de la Salud y otros organismos, afirman que los daños que puede ocasionar niveles de ruidos elevados son: discapacidad auditiva incluyendo tinnitus, dolor y fatiga auditiva, perturbación del sueño, efectos cardiovasculares, respuestas hormonales (hormonas del estrés, molestias, y un punto muy importante a tener en cuenta es que puede llegar a afectar al rendimiento de las personas en la escuela o en el trabajo. Además, puede generar interferencia en la comunicación oral y en el comportamiento social. Si bien el ruido perturba a las personas de todas las edades, los niños y jóvenes que se encuentran en la edad de crecimiento, son los más afectados por los niveles de ruido, además el mismo puede ser una barrera para el aprendizaje.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1], 466 millones de personas en el mundo padecen de pérdida de la audición discapacitante, de los cuales 34 millones son niños. La OMS sostiene que la exposición al ruido excesivo es una de las causas y advierte que los niños son uno de los colectivos más vulnerables ante los efectos nocivos del ruido.

El presente trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Oberá, la cual se localiza aproximadamente en el centro de la Provincia de Misiones, en las coordenadas 27°29'12"S y 55°07'13"O (Plaza San Martín) [2]. Oberá cuenta con más de 35 establecimientos educativos, tanto de gestión pública como privada y posee distintos niveles de enseñanza, los cuales son: enseñanza nivel inicial, primaria, secundarias, terciaria y nivel universitario.

El objetivo del presente trabajo es seleccionar cuáles de los establecimientos educativos de la ciudad de Oberá se ven afectados en mayor proporción a los niveles de ruido. Para la selección se tuvo en cuenta diferentes factores, los cuales se consideran generadores de los ruidos y se utilizó dos métodos para proceder a la elección. Se tuvo en cuenta para el análisis que las instituciones cuenten con nivel de enseñanza primaria, ya que los niños de esas edades son los más afectados a la exposición de este contaminante, no se realizó discrepancia entre instituciones públicas o privadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Para comenzar con el estudio primeramente se realizó una búsqueda de los establecimientos educativos de la ciudad de Oberá a través del sitio web oficial del Consejo General de Educación de la Provincia de Misiones [3]. Con los datos obtenidos se clasificaron las instituciones de acuerdo a sus diferentes niveles de enseñanza, los cuales son: nivel inicial, primario, secundario, terciario y universitario. Conjuntamente se identificó cuáles de los establecimientos pertenecen al sector de enseñanza pública o privada.

Como la ciudad de Oberá cuenta con más de 35 establecimientos escolares es difícil hacer un análisis de todos, por lo tanto, se procedió a utilizar dos tipos de métodos para poder seleccionar las instituciones que se encuentran más afectadas por el ruido y a partir de la selección, evaluar, registrar y analizar los valores obtenidos.

Se destaca que el primer criterio que se toma en cuenta antes de aplicar los métodos es que para el análisis se elegirán las escuelas que posean nivel inicial y primario ya que los niños de estas edades son los más afectados por los niveles elevados de ruido. En cada uno de los métodos que se presentan se pueden observar que se analizan diferentes factores, los cuales intervienen en distintas proporciones con la generación del ruido. Para el análisis se utilizó el método de los factores ponderados y el método AHP (Analytic Hierarchie Procesess).

2.1 Primer método: Factores Ponderados.

Una de las técnicas a utilizar es la de los factores ponderados el cual se basa en desarrollar una lista con los factores relevantes, luego asignar un peso a cada factor para indicar la importancia relativa, teniendo en cuenta que la suma de los pesos debe ser igual a 1 (uno). A continuación, con la utilización de una escala numérica se califica a cada factor con la puntuación deseada y luego se multiplica la misma por los pesos relativos. Se sumarán los valores y se seleccionará el factor con mayor puntuación.

Tabla 1 Escala numérica de Saaty.

Puntuación	Descripción
1	Igualmente importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostablemente más importante
9	Absolutamente más importante

Fuente: El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia de Chaco. Ramírez Mirta Liliana

En este método cada factor posee un peso y para poder calcular estos valores existen diversos métodos de asignaciones de pesos. Se utiliza el Análisis Jerárquico de Saaty (1980). Este método se basa en la comparación por pares de criterios que parte de una matriz cuadrada que se puede observar como ejemplo, en la figura 1 [4] en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar [5]. Por lo tanto, se establece una matriz en la cual se compara la importancia de cada uno con los demás. A continuación, se establece el procedimiento de este método: en primer lugar, se determina la importancia relativa de la variable de cada fila en relación a la variable de su columna correspondiente, así, es preciso primero, completar toda la matriz introduciendo en el triángulo superior-derecho el inverso del valor de la celda correspondiente de triángulo inferior-izquierdo. Luego se deberá sumar cada columna para obtener un marginal de columna, a continuación, generar una nueva matriz mediante la división de cada celda entre el marginal de su columna. Por último, calcular la media de los pesos de cada línea.

Se debe considerar que por más que se cuenta con una escala para asignar los valores de la matriz, las comparaciones por parejas son calificadas por el analista, por lo tanto, involucran decisiones que dependen del juicio del mismo.

(x) \ (j)	Geología	Pendiente del terreno	Geomorfología	Conflictos de usos	Σx_j	$\Sigma x_j/n$	Peso relativo $\Sigma(\Sigma x_j/n)/\Sigma x_j/n$
Geología	1						
Pendiente del terreno		1					
Geomorfología			1				
Conflictos de usos				1			
					$\Sigma x_j =$		

Figura 1 Matriz de Jerarquías.

Fuente: Estimación de pesos ponderados de variables para la generación de mapas de susceptibilidad a través de la Evaluación Espacial Multicriterio. Marcano Arismar, Cartaya Scarlet, Pacheco Henry y Méndez Williams.

Para comenzar con la aplicación del método, primeramente se detallan a continuación los factores que se tienen en cuenta para realizar la selección de los establecimientos educativos. Los mismos se pueden dividir en cinco grandes grupos en los cuales cada uno de ellos se encuentra conformado por diversos elementos. Los grupos son: vehículos, vías de circulación, delimitación por distritos, barreras naturales o artificiales y características edilicias.

2.1.1 Vehículos

- Velocidad: el motor, la transmisión, escape, rodadura y turbulencias aerodinámicas son factores que generan ruido, y dependen además de la velocidad del vehículo.
- Categoría: los diferentes vehículos se clasificarán en dos grandes categorías: pesados y livianos. El grupo de los vehículos livianos esa constituido por motos, automóviles, camionetas pick up, combi o micro bus (hasta 33 pasajeros). Los vehículos pesados están constituidos por ómnibus y camiones tanto para transporte de personas como cargas. También se debe considerar las motocicletas que generan ruidos porque utilizan escapes libres.
- Flujo vehicular o intensidad del tránsito: es la cantidad de vehículos que circula por hora, y posee una incidencia directa en el ruido. Por ejemplo, cuando la vía de circulación vehicular se encuentra saturada, se hace más difícil poder maniobrar lo que hace que se disminuya la velocidad, por lo tanto, se genera menos ruido.

- Régimen: Se pueden identificar los siguientes regímenes, flujo continuo, característico de una ruta; flujo pulsante continuo, típico de una calle urbana; y el flujo interrumpido o pulsante desacelerado o acelerado, característico de calles semaforizadas, puestos de peaje, etc.
 - Flujo continuo: Situación de tráfico fluido, con intensidad de tráfico baja y velocidades altas, sólo limitadas por las condiciones físicas de la vía.
 - Flujo pulsante continuo (calle urbana): circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el resto del tráfico. Los adelantamientos y cambios de carril son más difíciles.
 - Flujo interrumpido pulsante (calles semaforizadas): Las detenciones son frecuentes, siendo inestables o forzadas las condiciones de circulación. Situaciones que empiezan a ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad.

2.1.2 Vías de circulación

- Pendiente de la vía de circulación: las pendientes son características del relieve de la ciudad de Oberá, y combinado con el tráfico vehicular incrementa los niveles de ruidos, por lo tanto, si es mayor de unos pocos grados tiene una incidencia muy grande en el ruido resultante, debido a que obliga a bajar la relación de transmisión para una determinada velocidad, lo cual aumenta la velocidad angular del motor y el ruido del escape.
- Material de la vía de circulación: el tipo de material el cual está construido la vía influye en el ruido ya que en la compresión entre la cubierta y el pavimento se liberan pequeñas burbujas que quedaron atrapadas entre ambas partes y la cantidad de las mismas es mayor en pavimentos lisos que en los pavimentos más porosos.
- Perfil: el perfil de la vía puede ser abierto, en L y en U. El perfil abierto es cuando no existen superficies reflectantes cercanas. El perfil en L es cuando solo en un lado de la vía hay un plano de fachada y en el otro no, por ejemplo, en una calle con edificación en uno de sus lados y una plaza en el otro. Y el perfil en U es cuando en ambos lados de la vía hay fachada.
- Estado: las diferentes vías de circulación pueden encontrarse en diferentes estados, si las vías poseen pequeñas grietas corresponderá a un nivel de deterioro bajo. Pero si la vía posee baches profundos, el asfalto se encuentra levantado o dañado corresponderá a un nivel alto de deterioro.
- Tipo: las vías de circulación de la ciudad de Oberá se pueden clasificar de acuerdo a si se encuentran en lugares donde concurren muchas personas, además de locales y/o comercios, estos factores influyen en el flujo vehicular. Por lo tanto, la clasificación es:
 - Avenidas principales: mucha concurrencia de personas, un elevado flujo vehicular y gran mayoría de comercios.
 - Avenidas y/o calles secundarias: menor concurrencia de personas, mayor cantidad de casas y menos comercios.
 - Calles terciarias: en estas se encuentran calles de poca concurrencia de flujo vehicular y pocos comercios.
- Cantidad de carriles: la cantidad de vías de circulación influye en la generación de ruido, es decir, al tener más vías hay mayor cantidad de autos. Por lo tanto, se clasificará de acuerdo a la cantidad: una sola vía o varias vías, en el caso de la varias vías el sentido de las mismas puede ser en la misma dirección o contrarias.

2.1.3 Fuentes fijas generadoras de ruidos próximas a los establecimientos

Otro elemento a tener en cuenta es la cercanía de los establecimientos con fuentes fijas, tales como industrias generadoras de ruido, actividades comerciales, boliches, y cualquier punto con presencia de personas en actividades de ocio o deportivas. Por lo tanto, se identificarán el tipo de fuente fija de ruido y además la distancia al establecimiento educativo.

2.1.4 Delimitación por distritos

Este es un factor que queda en consideración como limitante para la selección de puntos, ya que, si bien el distrito residencial de alta densidad concentra el mayor porcentaje de establecimientos, los demás distritos se encuentran en expansión, por lo que es factible el crecimiento de instituciones en los mismos, por lo tanto, los resultados hallados podrán ser tomados en consideración para la instalación de las mismas.

2.1.5 Barreras naturales o artificiales

No se tomarán en cuenta las barreras naturales, ya que existen estudios que brindan información respecto a que arboles dispersos no cumplen un papel significativo en la disminución del ruido. Por lo tanto, para poder descender el nivel de los ruidos se deberían utilizar barreras largas, anchas y densas. Pero si se tendrán en cuenta la existencia de alguna barrera artificial, como por ejemplo un muro de mampostería perimetral, ya que de esta forma es un obstáculo para la propagación del ruido.

2.1.6 Características edilicias

Este factor se tomará en cuenta a la hora de relevar los datos, pero no en la matriz de factores ya que involucra distintas variables cualitativas de acuerdo al tipo de establecimiento que se releve. La estructura edilicia añade gravedad con respecto al ruido, ya que, si muchas calles se encuentran encajonadas entre edificios, el mismo se refleja entre fachadas opuestas y no se disipa con rapidez. Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos de las edificaciones: material de fachada, la cantidad de plantas y la altura de la estructura edilicia, y que aulas o espacios se encuentran ubicados cerca de las vías de circulación. Además, se tendrá en cuenta si las ventanas poseen persianas ya que las mismas se comportan como barreras para el ruido. Una vez definidos los factores se detallan las escalas que se utilizan para poder asignarle valores correctos y reales a cada tipo de institución.

2.1.7 Grupo 1: Vehículos

Velocidad: según el Art. 51° de la Ley N°24.449 establece lo siguiente: “En proximidad de establecimientos escolares, deportivos y de gran afluencia de personas: la velocidad precautoria no ser mayor a 20 km/h durante su funcionamiento”.

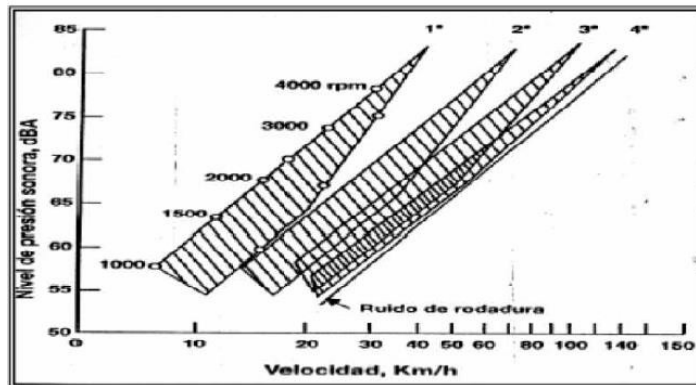


Figura 2 Velocidad en relación con el nivel sonoro.
Fuente: Sociedad Española de Acústica

Como se puede observar en la figura, depende del tipo de auto el nivel sonoro es diferente y además depende de la velocidad. Por lo tanto a partir del gráfico y teniendo en cuenta el código de tránsito de la Argentina se obtiene los valores límites teniendo en consideración la categoría.

Tabla 2 Puntaje en función de la velocidad y categoría.

Velocidad	Categoría	Puntaje
<40km	Ligeros/Pesados	1 a 5
>40km	Ligeros/Pesados	6 a 9

Flujo vehicular: con respecto a la intensidad del tránsito se considera que el mismo produce una modificación del nivel de fondo por lo tanto a mayor intensidad de tráfico mayor será el nivel sonoro de fondo. Una calle con mucho tráfico alcanza los 75 dB.

Tabla 3 Puntaje en función al flujo vehicular.

Cantidad de vehículos	Puntaje
0 - 50	1 a 3
50 - 200	4 a 6
>200	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

Régimen: para evaluar este factor se definen los regímenes y se le asigna el puntaje de acuerdo a cuál de estos afecta en mayor proporción al ruido.

Tabla 4 Puntaje según el régimen.

Régimen de tráfico	Puntaje
Flujo Esporádico	1 a 3
Flujo continuo	3 a 5
Flujo pulsante continuo:	5 a 7
Flujo interrumpido pulsante	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

Categoría: la categoría no se evaluará ya que no se cuenta con la suficiente cantidad de datos, pero se puede observar en la figura como varía los decibeles de acuerdo a la categoría del vehículo y de la frecuencia.

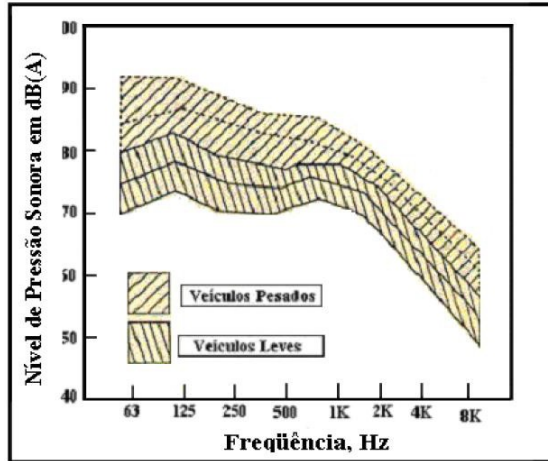


Figura 3 Nivel de ruido según la categoría del vehículo.
Fuente: Tarrío 1992

2.1.8 Grupo 2: Material de la vía de circulación

A velocidades superiores a 50 km/h aproximadamente, el ruido es producido por la interacción entre la banda de rodadura de los neumáticos y la superficie de la vía de circulación. A continuación, se clasifican los tipos de pavimentos que se pueden encontrar:

- Pavimentos Asfálticos o Flexibles: aquéllos construidos con materiales asfálticos y materiales granulares.
- Pavimentos de Concreto o Rígidos: construidos con hormigón de cemento portland y materiales granulares.
- Otros: Adoquines, empedrados, suelo cemento.

En la ciudad de Oberá se puede encontrar pavimentos asfálticos, empedrados, adoquines y calles de tierra. Según la bibliografía consultada los pavimentos producen menos ruido que los adoquines o empedrados. Por lo tanto, se puntuará con valores más altos al material que produce más ruido.

Tabla 5 Puntaje en función del material de la vía.

Material	Puntaje
Tierra	1 a 3
Empadrado, adoquines	4 a 6
Pavimento	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

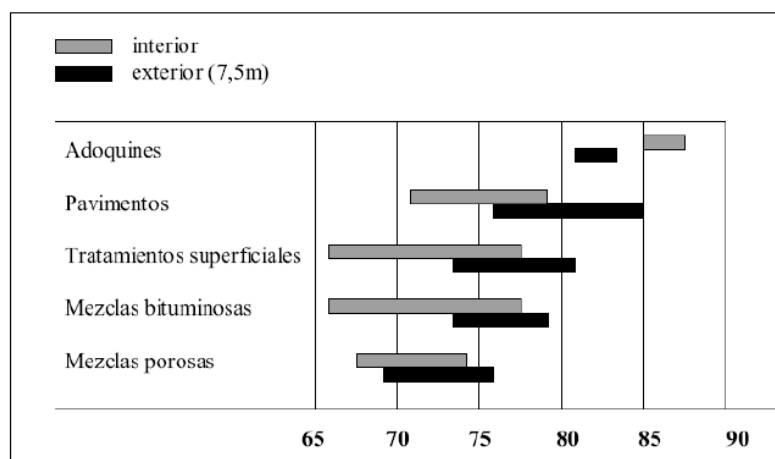


Figura 4. Efectos de los distintos suelos.

Fuente: Tesis sobre el estudio de la influencia de determinadas variables en el ruido urbano producido por el tráfico de vehículos. Javier Morales.

Pendiente: Según la tesis de Javier Morales la existencia de pendientes origina elevaciones en los niveles sonoros, sobre todo a los vehículos pesados ya que estos tienen una mala relación potencia/peso y obliga a aumentar esta para poder mantener la velocidad. El signo de la pendiente no influye del todo, ya que si la misma es positiva o negativa, si los vehículos circulan correctamente

deben tener igual marcha e igual número de vueltas del motor, pero si hay que tener en cuenta el ruido producido por las frenadas. Según un estudio realizado que se presenta en la tesis antes mencionada, el resultado que se dedujo es que cuanto mayor es la pendiente mayor es el ruido producido por el tráfico. A continuación, se puede observar una ilustración la cual relaciona la pendiente con la emisión de ruido producido por los vehículos.

Para pendientes inferiores del 3% la incidencia del ruido no es significativa ya que es menor a 1dBA. Para pendientes superiores al 3%, a cada incremento de un punto en la pendiente el nivel de ruido se incrementa en 2dBA. Por lo tanto, el rango de valores a considerar para evaluar es el siguiente:

Tabla 6. Puntaje en función de la pendiente.

Pendiente	Nivel	Puntaje
0° – 2°	Leve	1 a 5
>2°	Elevada	5 a 9

Fuente: Elaboración propia

Perfil: el perfil de la vía puede ser de tres tipos: abierto, en L y en U. El perfil abierto se tiene cuando no hay superficies reflectantes cercanas. El perfil en L, cuando sólo hay un plano de fachadas (por ejemplo, en una calle con edificación en uno de sus lados y una plaza en el otro). El perfil en U corresponde a dos planos de fachadas y es el típico de las calles urbanas. El perfil en L puede aumentar en hasta 3 dB el nivel cercano a la fachada.

El perfil en U puede aumentar algo más inclusive, produciendo además un efecto reverberante. Cuando las superficies son irregulares, con presencia de balcones, porches, etc. (reflexión difusa), el ruido se puede ver algo reducido con respecto al caso en que el plano de fachadas es uniforme (reflexión especular).

Tabla 7 Puntaje con respecto al perfil de la vía.

Tipo de perfil de la vía de circulación	Puntaje
Abierto	1 a 3
En L	4 a 6
En U	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

Estado: si el estado en que se encuentra la vía de circulación es malo se puntuará con un valor elevado de lo contrario si el estado es regular o bueno, el puntaje será bajo.

Tabla 8 Puntaje en función del estado de la vía.

Estado de la vía de circulación	Puntaje
Bajo	1 a 5
Alto	6 a 9

Fuente: Elaboración propia

Tipo de vía de circulación: se puntuará de acuerdo a la clasificación del tipo de vía, si es una avenida principal tendrá un valor elevado, ya que son vías que hay más flujo vehicular. Y si son avenidas secundarias el puntaje será menor.

Tabla 9 Puntaje en función al tipo de vía.

Tipo de vía de circulación	Puntaje
Vía Terciaria	1 a 3
Vía Secundaria	4 a 6
Vía Principal	7 a 9

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de carriles para la circulación: se considera que una calle que tiene un mayor número de carriles, produce más ruido por lo tanto el valor del puntaje será más elevado.

Tabla 10 Puntaje en función a la cantidad de carriles.

Cantidad de carriles	Puntaje
1 carril	1 a 5
2 carriles	6 a 9

Fuente: Elaboración propia

2.1.9 Grupo 5: Fuentes fijas generadoras de ruidos próximas a los establecimientos

Tipo de actividad: se puede observar de acuerdo a las mediciones realizadas, para actividades industriales y construcciones civiles, se registran los valores más altos de ruido con respecto a la actividades comerciales y recreativas, por lo tanto, se puntuarán con valores más altos las actividades que poseen valores de ruidos elevados, el rango de valores a considerar será:

Tabla 11. *Puntaje en función del tipo de actividad*

Tipo de Actividad	Puntaje
Comercial y recreativa	1 al 5
Industrial y construcciones civiles	6 al 9

Fuente: Elaboración propia.

Proximidad con los establecimientos: las fuentes fijas que se localicen en las áreas cercanas a centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos y otros lugares de descanso, no deben rebasar el límite máximo permisible de emisión de ruido de 55 dB(A). Además, según la bibliografía consultada las mediciones se realizan a una distancia entre 1,50 a 3 m por lo tanto este será el valor crítico y tendrá el puntaje mayor.

Tabla 12. *Puntaje con respecto a la proximidad del ruido con los establecimientos.*

Proximidad a los establecimientos	Puntaje
>3m	1 a 5
<3m	a 9

Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecido todos los factores y la puntuación de cada uno de ellos, mediante la herramienta Microsoft Excel se procede a cargar todas las puntuaciones y a aplicar el método de los factores ponderados.

2.1.10 Grupo 3: Delimitación por distritos

De acuerdo al distrito en donde se encuentra la escuela, se realizará el puntaje. Por lo tanto, los distritos que poseen mayor densidad de población se considera que tendrá un valor más alto de ruido por lo tanto el valor del puntaje será más alto.

Tabla 13 *Puntaje con respecto al distrito.*

Distritos	Puntaje
Residencial Baja Densidad	1 a 2
Residencial Media Densidad	3 a 4
Residencial Alta Densidad	5 a 6
Central	7 a 9

Fuente: Elaboración propia

2.1.10 Grupo 4: Barreras naturales o artificiales

Si el establecimiento cuenta con alguna barrera en la ventana, un obstáculo para el ruido, tendrá un puntaje menor. Si no posee barrera tendrá un puntaje alto.

Tabla 14 *Puntuación con respecto a la barrera.*

Barrera	Puntaje
Posee barrera	1 a 5
No posee barrera	6 a 9

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Segundo método: AHP

Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores es tan importante como los datos utilizados en el proceso.

La técnica AHP utiliza simples comparaciones para determinar los pesos y evaluarlos. De esta forma se evalúa sólo dos criterios al mismo tiempo, los juicios son trasladados a una escala de puntuación como se aprecia en la figura 5.

Una vez que se han analizados todas las alternativas teniendo en cuenta cada uno de los criterios se procede a realizar una matriz y hallar un vector de prioridad, el cual sirve para comparar los elementos de la matriz. La técnica AHP permite al analista evaluar la congruencia de los juicios con

el radio de inconsistencia (IR). Inconsistencias superiores a 0,1 o más justifican una mayor investigación de los criterios evaluados.

Este es un proceso que para el caso que se está analizando es largo y dificultoso, por lo tanto, se utiliza el Software Expert Choice para obtener los resultados. El procedimiento que se realizó con este programa es el siguiente: primeramente se cargaron cada uno de los criterios y luego se asignó con un escala la importancia de cada uno de los mismos con respecto al otro, y se tuvo en cuenta que el índice de inconsistencia sea un valor menor que 0,1, esto se puede observar en la figura 6. A partir de ello se cargaron todas las alternativas y se fueron comparando de a pares cada una de ellas en cada uno de los criterios como se puede observar en la figura 6. Luego se obtuvo los resultados finales.



Figura 5 Factores a evaluar.
Fuente: Software Expert Choice.

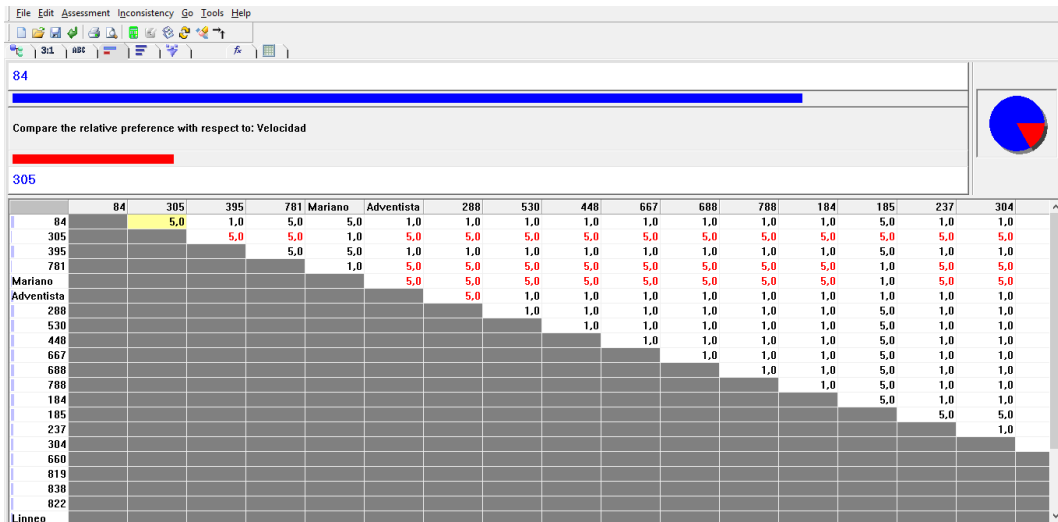


Figura 6 Comparación de alternativas.
Fuente: Software Expert Choice.

2.3 Comparación de los métodos

A continuación, se presentan los resultados de cada uno de los métodos, de esta manera se puede realizar una comparación entre ambos y analizar si los resultados son los apropiados.

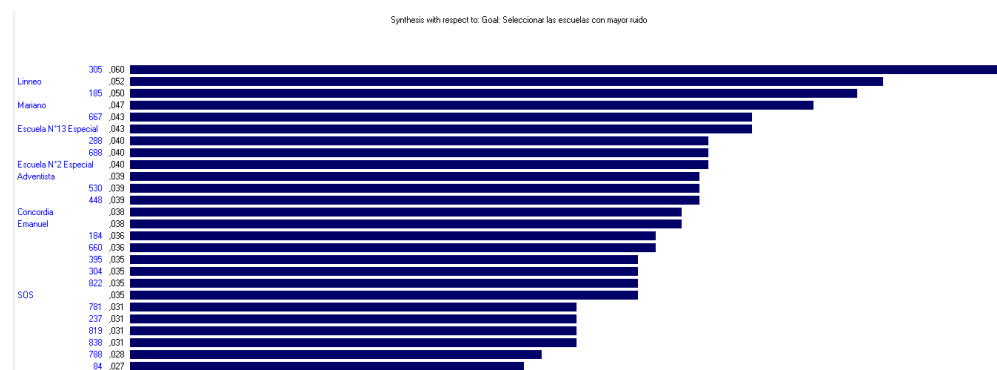


Figura 7 Resumen de resultados.
Fuente: Software Expert Choice.

Factores	CIR	Distritos																										
		N°84	N°395	N°781	Instituto Emanuel	Escuela Privada Advent	N°288	N°530	N°448	N°667	N°688	N°785	N°184	N°185	N°227	N°304	N°660	N°110	N°128	N°322	Instituto Carlos Linneo	Instituto Conconcha	Instituto Privado S.O.S	Instituto Privado Emma	Escuela Especial N°2	Escuela Especial N°13		
Vehículos	Velocidad	0,0288	7	5	7	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Cantidad	0,0758	2	8	2	2	8	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Regimen	0,0823	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Vías de circulación	Pendiente	0,056	7	8	2	8	1	1	8	1	8	1	7	1	1	3	3	8	1	1	7	1	1	8	1	1	3	
	Perfil	0,0221	2	8	2	2	5	7	5	5	5	5	5	5	5	8	8	5	5	8	8	8	5	8	8	5	8	
	Material	0,056	5	7	5	5	7	6	6	6	6	6	7	3	5	6	7	6	6	7	6	5	7	7	6	7	7	6
	Estado	0,0806	3	7	3	7	3	7	3	7	7	7	7	3	7	3	3	3	3	7	7	7	3	3	7	3	3	7
	Cantidad de vías	0,0925	7	7	7	3	7	7	7	7	7	7	3	3	7	3	7	7	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7
Fuentes fijas	Tipo	0,0455	1	8	1	8	5	5	5	2	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Tipo de actividad	0,081	2	5	6	2	5	2	2	3	2	2	6	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	5
Barrera	0,0375	5	6	6	6	8	8	8	8	8	8	6	5	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Distrito	0,0325	1	9	2	2	9	3	3	1	1	5	1	1	1	9	1	3	5	1	2	1	9	1	1	8	5	2	
Suma	100,0005																											
TOTAL			3,9848	5,4924	4,5181	3,5455	5,2721	4,5152	4,9897	4,3182	4,4848	4,6061	4,1970	3,051	3,9091	4,8438	3,882	4,462	4,106	3,384	3,4778	4,3788	5,8469	3,6288	4,4242	4,7273	4,8884	5,0989

Figura 8. Resultados finales.
Fuente: Elaboración Propia mediante el software Microsoft Excel.

Una vez obtenidos los resultados por ambos métodos se procede a clasificar las instituciones según las que poseen mayor ponderación y a su vez en función del distrito al cual pertenece. Se seleccionaron dos establecimientos por cada distrito de la ciudad de Oberá.

Como se puede visualizar en ambos métodos el establecimiento al cual le afecta en mayor proporción los ruidos es a la Escuela N°305, la cual se encuentra ubicada sobre la Avenida José Ingenieros N°353. La misma tiene los siguientes niveles de enseñanza: nivel inicial y primario, además se trata de una institución de enseñanza pública.

El Instituto Carlos Linneo se encuentra en la segunda posición con respecto a la puntuación, por lo tanto, este será otra institución a considerar. Cuenta con nivel inicial, primario, secundario y nivel superior. Se ubica sobre la Avenida Gobernador Barreyro N°947. Ambos establecimientos educativos se encuentran dentro del distrito central de la ciudad de Oberá.

Según uno de los métodos otra de las instituciones que se encuentra afectadas por los niveles de ruidos es la Escuela Provincial N°185, la misma se encuentra localizada sobre la avenida Santiago del Estero N°150 y forma parte del distrito central de la ciudad de Oberá.

Para los otros distritos, se analizarán los siguientes centros educativos:

Tabla 15 Establecimientos seleccionados en los otros distritos de la ciudad

Distrito	Establecimiento 1	Establecimiento 2
Densidad Alta	Instituto Privado Emanuel	N°667
Densidad Media	N°288	N°2 Especial
Densidad Baja	N°781	N°530
Equipamiento Productivo	N°395	N°84

Fuente: Elaboración Propia.

3. CONCLUSIONES.

Una vez realizado el análisis se pudo observar que existen diversos factores que influyen en la generación de ruidos molestos, y no solamente los que se estudiaron en este trabajo. Para poder realizar el estudio de manera correcta y eficiente se necesita contar con numerosa cantidad de datos e información.

De acuerdo a los resultados obtenidos por los diferentes métodos se puede observar que existe una gran relación entre el distrito con respecto al establecimiento. El distrito central es el que concentra mayor cantidad de comercios, se encuentra conformado por las principales avenidas de la ciudad y por lo tanto son las principales vías de circulación del transporte público, a partir de ello se pudo observar que los niveles de ruido son más elevados que en otros distritos, consecuentemente los establecimientos ubicados en esas zonas se verán más afectados.

Ambos métodos son subjetivos, es decir que de acuerdo al analista que realice el estudio pueden variar los resultados.

4. REFERENCIAS.

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Organización Mundial de la Salud,» 15 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
- [2] IPEC, Gran Atlas de Misiones. Capítulo 7: Departamento. Oberá, Posadas, Misiones, 2012.
- [3] C. G. d. Educación, «Consejo General de Educación,» [En línea]. Available: <http://www.cgepm.gov.ar/>.
- [4] A. Marcano, . S. Cartaya, . H. Pacheco y W. Méndez, «Estimación de pesos ponderados de variables para la generación de mapas de susceptibilidad a través de la Evaluación Espacial Multicriterio (EEM)».
- [5] R. M. Liliana, «El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia de Chaco,» Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia Chaco Argentina, 2004.
- [6] V. L. d. E. S. T. Láo, «Estudo Comparativo do desempenho acústico de diferentes tipos de revestimento dos pavimentos,» Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Brasil, 2004.

Calidad de vida de habitantes de pueblos originarios cercanos a las litieras de la Puna salteña.

Thames Cantolla, Martin; Valdez, Silvana K.; Tinte Montalbetti, María de los A.*

**INIQUI – CONICET – Universidad Nacional de Salta – Facultad de Ingeniería.
Av. Bolivia 5150. core.mtc@hotmail.com.*

RESUMEN.

En los últimos años, el aumento de la demanda mundial de litio generó en la región de la Puna salteña, la llegada de numerosas empresas mineras con el objetivo de producir Carbonato de Litio. Esta región se caracteriza por poseer un clima árido y seco, y en donde por años, las actividades económicas fueron la ganadería de subsistencia (crianza de llamas y ovejas) y los intercambios de sal por mercadería, entre otros. El objetivo de este trabajo, es formular un modelo matemático que describa la calidad de vida de las comunidades originarias que habitan en las cercanías de las empresas mineras. Para ello se confeccionaron encuestas que fueron respondidas por los habitantes de dichas comunidades que participan en las mesas sociales organizadas por la Secretaria de Minería. Las preguntas elegidas para la encuesta fueron seleccionadas a partir de focus group con expertos del área y miembros de la Secretaria de Minería de Salta. Se tuvieron en cuenta 5 factores: familia, trabajo, salud, educación y ambiente; los cuales, según la responsabilidad social empresarial (RSE), conforman los puntos de mayor preponderancia al momento de analizar la calidad de vida de una persona. En una primera etapa se planteó un modelo en base a ecuaciones estructurales (SEM) y se comprobó que los factores propuestos fueran satisficieron la fiabilidad y validez discriminante, además, de obtener indicadores de bondad de ajuste adecuados. Para ello se emplearon los softwares IBM SPSS y AMOS v23. Los indicadores estadísticos del modelo propuesto confirman su validez.

Palabras Claves: calidad de vida, litio, ecuaciones estructurales.

ABSTRACT

In recent years, the increase in global demand for lithium generated in the Puna region of Salta, the arrival of numerous mining companies with the objective of producing Lithium Carbonate. This region is characterized by an arid and dry climate, and where for years, economic activities were subsistence farming (raising llamas and sheep) and salt exchanges for merchandise, among others. The objective of this work is to formulate a mathematical model that describes the quality of life of the original communities that live in the vicinity of mining companies. For this, surveys were prepared that were answered by the inhabitants of these communities. The questions chosen for the survey were selected from a focus group with experts from the area and members of the Ministry of Mining of Salta. Five factors were taken into account: family, work, health, education and environment; which according to the aspects of corporate social responsibility (CSR) of companies, make up the most important points when analyzing the quality of life of a person. In a first stage, a model based on structural equations (SEM) was proposed and it was found that the proposed factors were representative. For this, the IBM SPSS and AMOS v23 software were used. The statistical indicators of the proposed model confirm its validity.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Perspectivas del litio

Durante los últimos años el mercado internacional del litio ha entrado en un ritmo ascendente, este a su vez se encuentra acelerado debido a la demanda de baterías para distintas aplicaciones a nivel mundial. Siendo el uso en baterías el de mayor importancia con un 39% del mercado, desplazó del primer lugar a la cerámica y vidrio, y se espera que para el 2025 represente más de dos tercios de la demanda. En este aspecto, se observa con atractivo el potencial de los salares sudamericanos, que poseen costos competitivos y gran disponibilidad de recursos [1,2].

En la región Sudamericana, la cuarta reserva mundial de litio se localiza en Argentina (país integrante del “triángulo del litio” junto a Bolivia y Chile) lo que representa un desafío local y regional superar un esquema de extracción minera de litio de alto contenido tecnológico [3].

En la zona del Noroeste Argentino (NOA) existen numerosas empresas abocadas a la producción del litio, sin embargo, solo 3 de ellas se encuentran en producción (una en Catamarca y otra en Jujuy) y una tercera (en Salta) con una planta piloto ya en funcionamiento y realizando inversiones para instalar la planta industrial más grande del mundo [4]. De acuerdo a la Secretaría de Minería de Salta, en la provincia existen 50 proyectos de extracción de litio en desarrollo, de los cuales dos se encuentran en fase avanzada para estar en producción dentro de dos años. Las principales expectativas del gobierno nacional para que el país se convierta en el segundo productor mayoritario de litio a nivel mundial en el año 2022, están puestas en Salta [5,6].

En 2018, Salta encabezó el ranking mundial de anuncios de inversiones para la explotación de litio, con US\$ 1.525 millones presupuestados por tres empresas. Entre las que se encuentran Ganfeng Lithium International, que proyecta US\$ 675 millones para el Salar de Llullaillaco; la surcoreana Pohang Iron and Steel Company, que informó inversiones por US\$ 450 millones para producir hidróxido y carbonato de litio de material extraído en el Salar del Hombre Muerto, y la francesa Eramet, que confirmó la disposición de US\$ 400 millones para los salares Centenario y Ratones [5,6].

En junio de este año, el Gobierno Provincial de Salta presentó el proyecto de Ley de Promoción de Infraestructura Minera, Trabajo y Estabilidad Fiscal, que busca promover acciones para fomentar actividades productivas e infraestructura económica y social para el desarrollo de las comunidades de la Puna Salteña. El proyecto tiene por objetivos fomentar la realización y el mantenimiento de obras de infraestructura necesarias para el desarrollo minero, incorporando procesos de industrialización, promoviendo la generación de puestos de trabajo para los salteños y el crecimiento de proveedores locales. También buscará la adhesión municipal a la Ley Nacional de Inversiones Mineras, otorgando estabilidad fiscal a los proyectos [7].

1.2. Departamento de los Andes

Adentrándonos más en la provincia de Salta, nos encontramos con el departamento de Los Andes el cual se ubica en el oeste de la provincia, en la región de la Puna. Al norte limita con la provincia de Jujuy; al este, con los departamentos de La Poma, Cachi y Molinos; al noroeste, con la República de Chile; y al sur, con la provincia de Catamarca. Tiene una superficie de 25.636 Km² y se encuentra a una altura promedio de 3.500 m.s.n.m.

Este departamento se encuentra conformado por los municipios de San Antonio de los Cobres, cabecera departamental y Tolar Grande. El municipio San Antonio de los Cobres está conformado por las localidades de Urcuro, El Talao, Sansana, Corral Blanco, Corral de Piedra, Puente Grande, Campo de Cerrillos, Matancillas, Las Cuevas, Potreros, Piscuno, Olacapato, El Desierto, Santa Rosa de los Pastos Grandes, Salar de Pocitos, El Palomar, Esquina de Guardia y San Antonio de los Cobres. El Municipio Tolar Grande está constituido por las localidades de Olajaca, Cavi, Antofallita, las estaciones ferroviarias de Taca Taca, Vega de Arizaro, Caipe, Quebrada del Agua, Chuculaqui y Socompa, los puestos mineros y la homónima localidad de Tolar Grande [8,9].

1.2.1. Población y economía

La población de acuerdo a los dos últimos censos realizados por el INDEC es la siguiente:

Tabla 1. Detalle histórico de la población en Los Andes

Departamento	2001			2010		
	Varones	Mujeres	Total	Varones	Mujeres	Total
Los Andes	2.881	2.749	5.630	3.127	2.923	6.050

Fuente: INDEC

Las actividades ganaderas y la agricultura familiar están fuertemente condicionadas por las características climáticas de la región. El pastoreo es extensivo, debido a la baja densidad de la vegetación y también a la baja tasa de reposición. Se crían ovinos, caprinos y llamas para el autoconsumo. Los pastores, por otro lado, tienen poca participación en el mercado local de carne, quesos, lana y fibra [8].

El sector minero es otra fuente de trabajo para la comunidad, el cual cuenta con dos actividades perfectamente determinadas: la exploratoria (que busca poner en evidencia depósitos económicamente explotables) y la extractiva (que comprenden los yacimientos minerales que integran parte del circuito productivo provincial). La construcción, vialidad y la seguridad son otras fuentes laborales para los habitantes de la región. Cabe destacar que casi todas de las mujeres de la zona son artesanas, cuya actividad principal es la producción individual de hilos y tejidos con aguja, de lana de oveja y fibra de llama y en menor medida con telar. Las familias concentran la actividad doméstica y reproductiva. Para su supervivencia combinan estrategias de diversificación productiva (autoconsumo) con la obtención de otros ingresos (trabajo asalariado, planes sociales) [8].

1.2.2. Clima

Las características geográficas especiales de la Puna determinan una combinación tal de factores que dan origen a una condición climática particular. El clima es extremo. La radiación solar es intensa, especialmente de octubre a marzo. Frecuentemente es ventoso y seco. Las amplitudes térmicas, tanto en invierno como en verano, son marcadas. La presión atmosférica está influenciada por la altura; la presión media es de 410 mm de mercurio [8].

1.2.3. Suelos

El suelo, como todo recurso natural, se presenta en la superficie con variaciones de sus características morfológicas y de sus propiedades físicas y químicas en los sentidos vertical y horizontal [8].

1.3. Calidad de Vida

El concepto de Calidad de Vida (CV) se remonta a los EEUU luego de la Segunda Guerra Mundial [10], como una tentativa de los investigadores de la época de conocer la percepción de las personas acerca de si tenían una buena vida o si se sentían financieramente seguras [11,12]. Es a partir de 1960, cuando su uso comienza a tener mayor relevancia, debido a los científicos sociales que inician investigaciones en CV recolectando información y datos objetivos como el estado socioeconómico, nivel educacional o tipo de vivienda, siendo muchas veces estos indicadores económicos insuficientes [13], dado que sólo podían explicar un 15% de la varianza en la CV individual.

Como resultado de esto, se puede decir que la calidad de vida (CV) es un concepto referido al bienestar en todas las áreas del ser humano, respondiendo a la satisfacción de las necesidades físicas, materiales, sociales, psicológicas o emocionales, de desarrollo y ecológicas. Diferentes autores han concluido que esta no solo es función de factores económicos, sino que también intervienen factores sociales y psicológicos [14], a diferencia de lo que se pensaba años atrás en donde los modelos planteados solo hacían referencia a aspectos económicos, desestimando el resto de factores involucrados.

Como se mencionó anteriormente, en los últimos años, en la región del NOA, se han instalado numerosas empresas mineras vinculadas a la industria del litio. Estas, han modificado de alguna manera las condiciones de vida de las comunidades originarias, las cuales se encuentran instaladas en las cercanías de las empresas mineras y las cuales llevaban el estilo de vida descrito antes. Con todo esto, los autores se permiten pensar que la CV de las personas del lugar se ha modificado.

A su vez, la existencia de numerosas variables intervinientes en este tipo de estudios, y la posibilidad de una múltiple vinculación entre ellas (tanto directa como indirecta), nos permite analizar los datos empleando herramientas multivariantes. Puntualmente se empleará el modelo de ecuaciones estructurales (Structural Equation Modeling, SEM), el cual permite examinar simultáneamente una serie de relaciones de dependencia, y es particularmente útil cuando una variable dependiente se convierte en variable independiente y a la vez, esta última afecta a otra variable dependiente [15]. En otras palabras, SEM estima una serie de ecuaciones de regresión múltiple distintas pero interrelacionadas mediante la especificación del modelo estructural utilizado. Por otro lado, este tipo de modelos permite la incorporación variables latentes de análisis (concepto supuesto y no observado que solo puede ser aproximado mediante variables medibles u observables [16].

El objetivo de este trabajo, es formular un modelo matemático que describa la calidad de vida de las comunidades originarias que habitan en las cercanías de las empresas mineras. Para ello se confeccionaron encuestas que fueron respondidas por habitantes de dichas comunidades. Las preguntas elegidas para la encuesta fueron seleccionadas a partir de focus group con expertos del área y miembros de la Secretaria de Minería de Salta. Se tuvieron en cuenta 5 factores: familia, trabajo, salud, educación y ambiente; los cuales, según la responsabilidad social empresarial (RSE), conforman los puntos de mayor preponderancia al momento de analizar la calidad de vida de una persona.

2. DESARROLLO DEL MODELO

2.1. Materiales

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó:

- Encuestas en papel, realizadas a miembros de las distintas comunidades.
- Software IBM SBSS para el análisis de los datos obtenidos de las encuestas.
- Software IBM AMOS para el modelado con ecuaciones estructurales.
- Material bibliográfico de diferentes instituciones como el INDEC, Secretarías de Minería de Salta, Jujuy y Catamarca, Cámara de Minería, etc., sobre los diferentes indicadores que constituyen cada uno de los factores.

2.2. Metodología

Caracterización de la población.

La población estudiada consiste en las 3 comunidades que habitan en las cercanías de las empresas mineras productoras de carbonato de litio en el NOA. Estas comunidades están conformadas en promedio por 300 habitantes cada una. De la misma se tomó una muestra aleatoria de 50 habitantes a los cuales se les realizó la encuesta. Estos habitantes a su vez, son participantes frecuentes de las mesas sociales que se realizan mensualmente entre las empresas mineras, comunidades y la Secretaria de Minería de Salta. Entre los participantes se encontraban: caciques, curacas y chunkacuraca. Cabe mencionar que cada uno de los curacas representa a 10 personas. Con lo cual, se consideró que una encuesta respondida por esta persona, equivale a la respuesta de 10 encuestas diferentes.

2.3. Recolección de Datos: Encuesta

La encuesta estuvo conformada por 34 preguntas de diferentes ámbitos (salud, educación, laboral, familiar y ambiental), constituyendo cada una de estas preguntas como una variable. Se empleó una escala Likert del 1 al 5, siendo:

- 1- *Totalmente en desacuerdo*
- 2- *Parcialmente en desacuerdo*
- 3- *Sin opinión*
- 4- *Parcialmente en acuerdo*
- 5- *Totalmente en acuerdo*

La misma se realizó en las 3 comunidades situadas en las cercanías de cada una de las empresas mineras que actualmente se encuentran en producción.

La indagación se realizó durante las reuniones mensuales que realiza la Secretaria de Minería de Salta, en las llamadas mesas sociales. En estas mesas participan miembros de las comunidades, empresas mineras y personal de la secretaria.

De las encuestas realizadas, se pudo extraer la información que se observa en las Figura 1 y Figura 2:

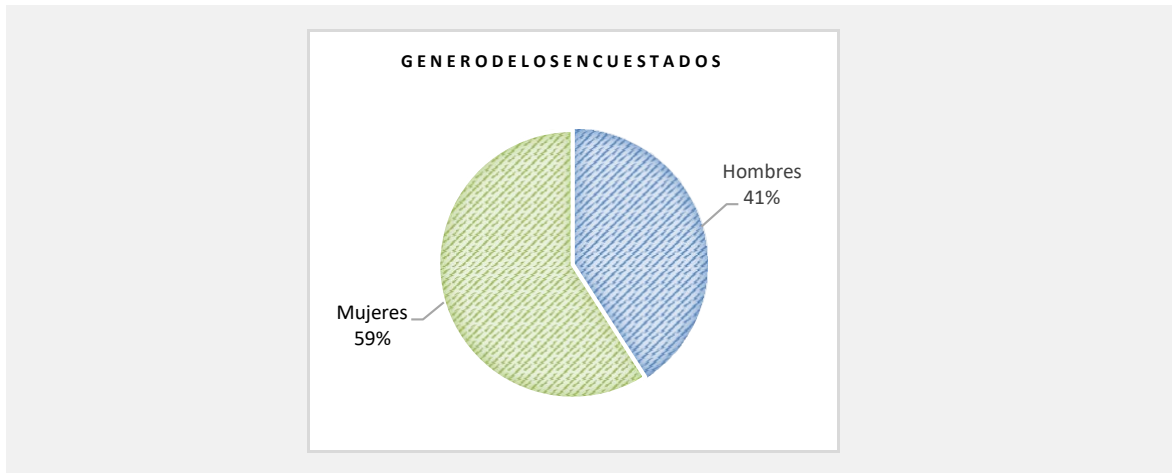


Figura 1. Clasificación de encuestados por género.

Dentro de la muestra encuestada, predominaron las mujeres, quienes mostraron mayor predisposición para responder. Sumado a esto, las mujeres son las que presentan mayor asistencia a las reuniones de las mesas sociales.



Figura 2. Nivel de importancia por Factor.

De la Figura 2 se puede observar que para los encuestados, los factores analizados tienen un grado de relevancia bastante importante.

2.4. Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM)

Los SEM son una técnica estadística multivariada, estos modelos permiten probar la relación que existe entre variables observadas y latentes (no observada o factor) [17]. Una variable observada es aquella que es posible medir de manera directa, como la edad o la estatura, y una latente no se puede medir directamente (la inteligencia, la motivación, la depresión o el estrés), por lo tanto, se utilizan otras variables observadas para medirlas [18]. Cuando el modelo de ecuaciones estructurales se compone únicamente de variables observadas (path analysis) [19], puede tener similitud con el análisis de regresión lineal clásico; sin embargo, lo hace interesante esta herramienta sobre la regresión es que es posible estimar la relación indirecta y total que tiene una variable sobre otras 10.

Existen 2 tipos de modelos: los que involucran solamente variables observadas y los que mezclan variables observadas y latentes [20, 21]. Su diferencia radica en que, en el primer caso, se busca estimar la correlación entre las variables latentes, mientras que en el segundo se pretende estimar además su relación. Para plantear las ecuaciones asociadas al modelo, es necesario que en primer lugar se represente gráficamente. Una variable observada se simboliza por medio de un cuadrado, una latente por un círculo o elipse, una asociación con una flecha unidireccional y una correlación con una flecha bidireccional. Para el desarrollo de estos modelos se emplean diferentes softwares, en este trabajo, por su interface intuitiva de empleo, haremos uso de: IBM SPSS e IBM AMOS.

En los SEM se pueden estimar los siguientes parámetros: todos los coeficientes que conectan a variables latentes con sus respectivas variables observadas (llamadas cargas factoriales y que se sugieren estén alrededor de 0,70 o más), los que conectan a latentes con latentes, los que conectan observadas con observadas, las varianzas de variables independientes y las covarianzas entre ellas, las varianzas de los errores asociados a variables dependientes y las covarianzas entre ellas. A estos parámetros se los denomina libres [22].

2.5. Manipulación de información en IBM SBSS

Una vez recopilada la información de la encuesta, esta se digitó al software SPSS para analizarla. En primer lugar, se verificó la normalidad de los datos y se procedió a elaborar el análisis factorial confirmatorio (AFC) para definir la cantidad de factores que explican a las variables observadas.

2.6. Desarrollo del modelo en IBM AMOS

Analizada la información y determinado el número de factores, se procede a elaborar un modelo de medida en AMOS, para ello se carga toda la información obtenida del SPSS y se establecen las correlaciones entre los distintos factores.

Se elige las siguientes propiedades de análisis para hacer correr el modelo:

- Método de discrepancia: Modelo de máximo verosimilitud
- Límite de modificación de índices: 20

Una vez verificado que los coeficientes de cada variable observada y latente se ajustan a los límites establecidos para este tipo de modelos, se procede a realizar el modelo estructural (reemplazar las flechas bidireccionales por flechas unidireccional) y se vuelve a correr el programa para verificar nuevamente los coeficientes obtenidos.

En este punto, se verificó nuevamente los coeficientes obtenidos, los cuales se ajustan a los valores preestablecidos por la bibliografía [14-17].

3. OBTENCIÓN DEL MODELO Y RESULTADOS.

Del empleo de IBM SPSS se obtuvieron los siguientes resultados:

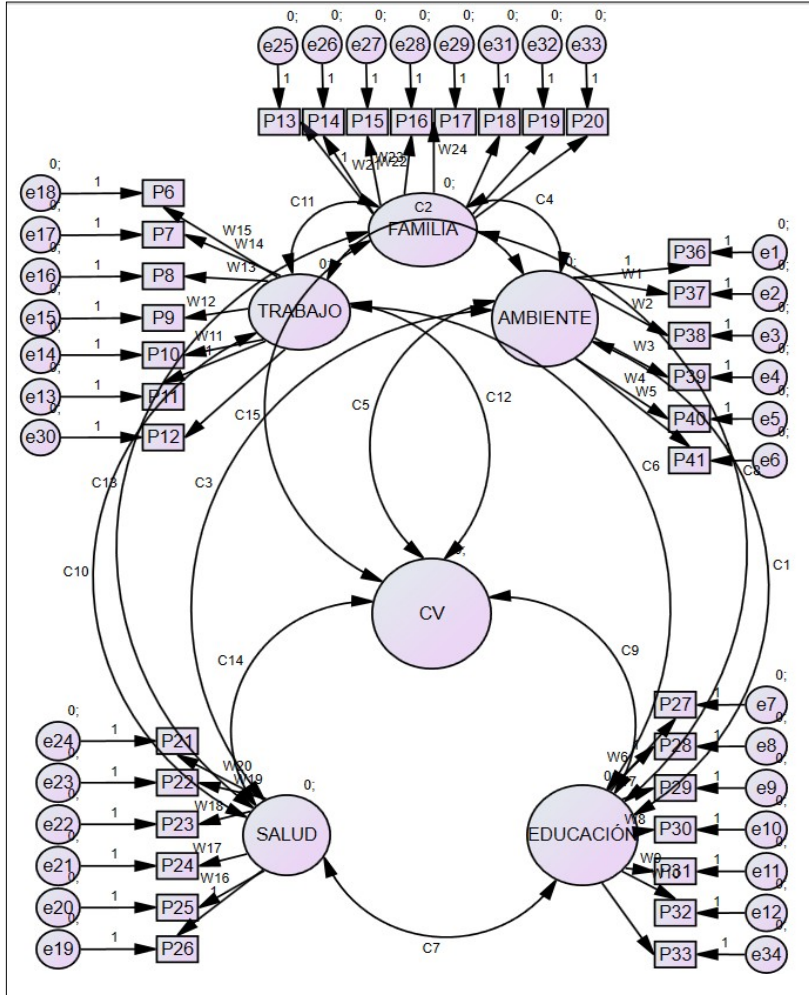
- Número de conjuntos de datos ingresados: 150

- Numero de variables analizadas: 34
 - Factores que describen a las variables observadas: 5.
- En la Tabla 1 se presentan el detalle de los factores y su descripción.

Tabla 2. Factores explicativos de SPSS

Factores	Descripción	Variables que explica
Factor 1	Salud	P1, P2, P3, P4, P5, P6
Factor 2	Educación	P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13
Factor 3	Trabajo	P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20
Factor 4	Familia	P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28
Factor 5	Ambiente	P29, P30, P31, P32, P33, P34

Del software IBM AMOS, se obtuvo en primer lugar el modelo de medida (ver Figura 3).



Del cual se extrajeron los indicadores de validez, estos mostraron valores adecuados según los límites establecido en la bibliografía. Los mismos se encuentran resumidos en la Tabla 3 que se extrajo del software.

Figura 3. Modelo de medida de Calidad de Vida

Tabla 3. Indicadores de Validez del modelo de medida.

Medida	Estimación obtenida	Valores admisibles	Interpretación
CMIN	1572,755	--	--
DF	758,000	--	--
CMIN/DF	2,075	Entre 1 y 3	Excelente
CFI	0,930	>0.95	Aceptable
SRMR	0,045	<0.08	Excelente
RMSEA	0,053	<0.06	Excelente
PClose	0,083	>0.05	Excelente

Donde:
 CMIN: valor del Chi-cuadrado.
 DF: grados de libertad.
 CMIN/DF: discrepancia mínima dividida los grados de libertad.
 CFI: índice de ajuste comparativo.
 SRMR: Raíz media al cuadrado residual estandarizada.
 RMSEA: Error cuadrático medio de aproximación.
 PClose: valor p.

Al representar el SEM, ver Figura 4, se determinaron los siguientes indicadores estadísticos que se resumen en la Tabla 3:

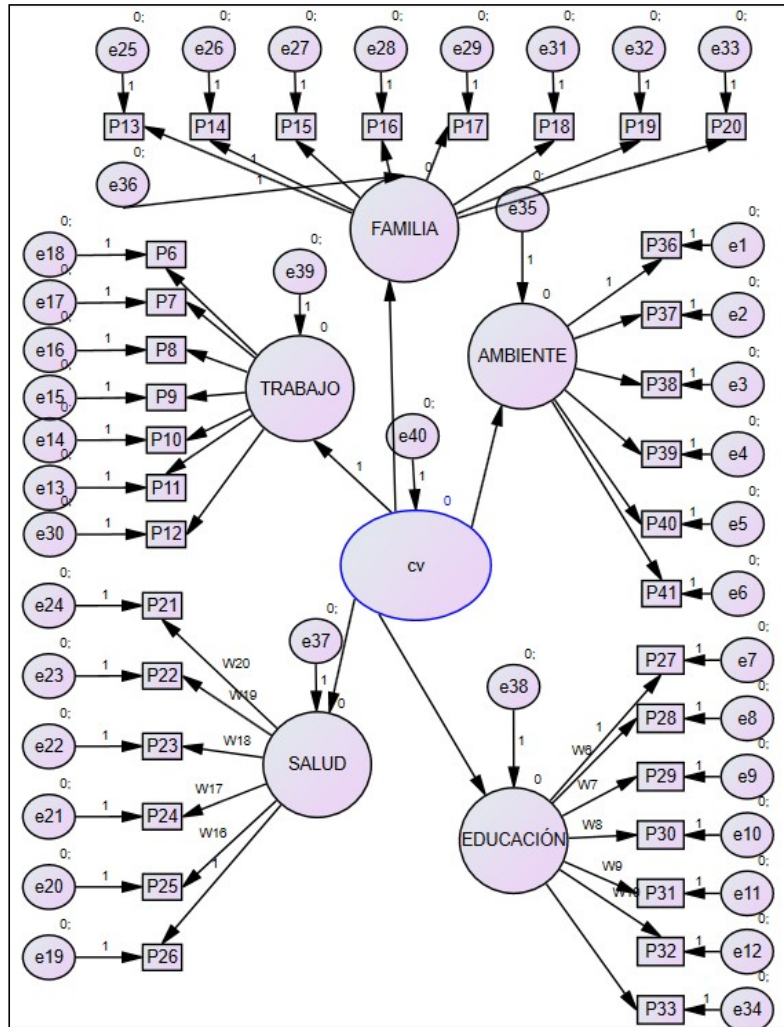


Figura 4. Modelo estructural de Calidad de Vida

Tabla 4. Indicadores de Validez del modelo estructural.

Medida	Estimación obtenida	Valores admisibles	Interpretación
CMIN	1472,755	--	--
DF	718,000	--	--
CMIN/DF	2,475	Entre 1 y 3	Excelente
CFI	0,951	>0.95	Aceptable
SRMR	0,035	<0.08	Excelente
RMSEA	0,013	<0.06	Excelente
PClose	0,081	>0.05	Excelente

Con lo cual el modelo planteado se ajusta adecuadamente a la hipótesis planteada (la calidad de vida es función de los factores: Salud, Educación, Trabajo, Familia y Ambiente). Por último, la representación matemática de este modelo es:

$$CV = 0,71 * Salud + 0,77 * Educación + 0,88 * Trabajo + 0,98 * Familia + 0,68 * Ambiente$$

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que el modelo de calidad de vida para las comunidades que se encuentran en las cercanías de las mineras productoras de carbonato de litio, se ajusta adecuadamente desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, es necesario mencionar algunas acotaciones:

- La cantidad de variables analizadas surgen de la recopilación y selección de diferentes autores especialistas en el tema.
- El modelo indica que el factor correspondiente a Familia representa el de mayor influencia al momento de determinar la calidad de vida de una persona. En contraste con lo observado en la Figura 2, en donde la encuesta arroja que el factor con mayor nivel de relevancia es el Medio Ambiente.
- Sorprendentemente el factor Trabajo, constituye el segundo factor más importante. Superando a los factores de Salud y Educación, los cuales según otros autores representan los factores más influyentes.
- Se vuelve interesante evaluar este modelo con mayor cantidad de datos (más encuestas) y aplicarlos al resto de los habitantes que no fueron encuestados para corroborar los resultados obtenidos en esta investigación.
- Queda a futuro la aplicación de este modelo para comparar la calidad de vida antes de la llegada de las mineras; y así poder determinar en qué medida se modificó la calidad de vida de los habitantes de las comunidades.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo planteado en este trabajo, de su análisis y discusión, se pueden obtener las siguientes conclusiones: 1) la presencia de las mineras en estas zonas favorece la calidad de vida de las personas desde el punto de vista del factor Familia, 2) se verifica una relación entre las variables y factores analizados, 3) el modelo diseñado puede emplearse para múltiples sectores de la sociedad, 4) la metodología aplicada se ajusta adecuadamente al tipo y cantidad de datos trabajados, 5) la Familia juega un papel fundamental para propiciar una mejor calidad de vida.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los miembros de las comunidades que participaron de las encuestas, a la Secretaria de Minería de Salta, al Ing. Daniel Blasco, a la Lic. Lourdes Decima, al Prof. Flavio Abán, a la Lic. Verónica Roldan y todos aquellos que intervinieron de forma desinteresada para permitir la participación en las mesas sociales y que se pudiese realizar las encuesta de una forma rápida y amena. Finalmente, también agradecer al Prof. León Bello Parías de Colombia quien colaboró en el análisis de la metodología aplicada.

6. BIBLIOGRAFIA

[1] Castello, A y M. Kloster, (2015) *Industrialización del Litio y Agregado de Valor Local: Informe Tecno-Productivo*, CIECTI, CABA.

[2] Comisión Chilena de Cobre (COCHILCO). (2009) *“Antecedentes para una Política Pública en Minerales Estratégicos: Litio”*. Disponible en: http://ciperchile.cl/pdfs/litio/estudio_cochilco.PDF [Accedido el 5/05/2017].

[3] Conciencia Minera, (2013). *“El litio en Argentina”*. Disponible en: <http://www.concienciaminerar.com.ar/2012/05/el-litio-en-argentina/> [Accedido el 2/11/2017].

[4] Diario El Tribuno, (2016). *“Construirán en Salta la planta de litio más grande del mundo”*. Argentina, disponible en: <http://www.tribuno.info/construiran-salta-la-planta-litio-mas-grande-del-mundo-n762319> [Accedido el 28/12/2018].

- [5] Diario El Tribuno. (2019). “El litio salteño llevará al país al segundo lugar de producción en el mundo”, disponible en: <https://www.tribuno.com/salta/nota/2019-2-5-0-0-0-el-litio-salteno-llevara-al-pais-al-segundo-lugar-de-produccion-en-el-mundo> [Accedido el 15/06/2019].
- [6] Diario digital Noticias Perfil (2019). “El litio cambia al noroeste, entre inversiones y alerta ambiental”. Disponible en: <https://noticias.perfil.com/2019/04/03/el-litio-cambia-al-noroeste-entre-inversiones-y-alerta-ambiental/> [Accedido el 28/07/2019].
- [7] Gobierno de la Provincia de Salta. “El Gobierno presentó el proyecto de ley de promoción de infraestructura minera”. Disponible en: <http://www.salta.gov.ar/prensa/noticias/el-gobierno-presento-el-proyecto-de-ley-de-promocion-de-infraestructura-minera/65039> [Accedido el 28/07/2019].
- [8] Secretaria de Minería de Salta. (2019). “Resumen Carta departamental Los Andes”. Trabajo no publicado.
- [9] Gobierno de la Provincia de Salta (2015). “Mapa social de la provincia de Salta para la Cooperación internacional. Disponible en: <http://www.youblisher.com/p/1700682-Mapa-Social-de-la-Provincia-de-Salta-para-la-Cooperacion-Internacional-2015/> [Accedido el 28/07/2019].
- [10] Urzúa M, Alfonso; Caqueo-Urizar, Alejandra (2012). *Calidad de vida: Una revisión teórica del concepto*. Sociedad Chilena de Psicología Clínica. Chile.
- [11] Campbell, Angus. (1981). *The sense of well-being in America*. McGraw-Hill, New York.
- [12] Meeberg, Glenda. (1993). *Quality of life: A concept analysis*. Journal of Advanced Nursing, 18, pp. 32 – 38.
- [13] Bognar, Greg. (2005). The concept of quality of life. Social and Practice, 31, pp 561-580.
- [14] Cancino, et al., (2016). *Evaluación de un modelo de calidad de vida construido desde los datos*. Acta Colombiana de Psicología, 19(1), pp 297-309.
- [15] Hair, J. et al., (1999). *Análisis multivariante*. 5º Edición, Madrid, Prentice Hall Librería.
- [16] López, María Virginia. (2012). Tesis de Magister: “Modelo de Ecuaciones Estructurales para la evaluación de la calidad de una vacuna bovina”. Universidad de Buenos Aires.
- [17] Bollen, Kenneth. (1989) *Structural equations with latent variables*. New York: Wiley.
- [18] Bartholomew, David et al., (2008) *Analysis of multivariate social science data*. 2nd ed. Chapman & Hall
- [19] Stage, Frances et al., (2004) Path analysis: An introduction and analysis of a decade of research. Journal of Education Research.
- [20] Mulaik S.A., (2009) *Foundations of factor analysis*. 2nd ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- [21] Loehlin John; Beaujean, Alexander (2017) *Latent variable models. An introduction to factor, path and structural equation analysis*. 5th ed. New York: Taylor & Francis.
- [22] Manzano Patiño, Abigail. (2017) *Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales*. Investigación en Educación Médica.

Evaluación de la Producción de Compost en dimensión industrial a partir de RSU domiciliarios en la ciudad de Ushuaia

Colloca, Cristina Beatriz^{1,2}; Rodriguez, Julio²; Gigirey Marta², Hoyos Elias²

¹Instituto de Desarrollo Económico e Innovación, Universidad Nacional de Tierra del Fuego. FuegiaBasket 251, Ushuaia (9410), Prov. de Tierra del Fuego, A. e I. A. S.

²Extensión áulica Ushuaia. Facultad Regional de Tierra del Fuego. UTN ccolloca@untdf.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se buscó analizar la viabilidad de producción industrial de compost a partir del material orgánico de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), como una alternativa de valorización de los mismos y evitar su deposición en los basureros municipales.

Para ello se realizó un relevamiento de las características de los RSU y se estimó las cantidades de materia orgánica producidas por los habitantes de la ciudad de Ushuaia.

De los resultados obtenidos, el análisis de la producción de compost en otras regiones con clima similar y los datos de experimentos particulares de producción de compost en la ciudad, se estimó un valor aproximado para la producción anual de compost.

En base al estimado de compost que se podría producir anualmente se analizó el costo de producción y la probabilidad de mercado local existente para el producto.

Por las características geográficas del lugar donde el clima y el suelo no son óptimos para el agricultor que desea realizar cultivos de verduras y tubérculos, que a consecuencia debe realizarlo en invernaderos, es viable la producción de compost cumpliendo tres necesidades básicas: colaborar con las necesidades del agricultor para abonar y mejorar el suelo para la siembra, reducir el volumen de RSU en el basurero municipal y contribuir con la disminución de contaminación del medio ambiente.

Palabras clave: Residuos Sólidos Urbanos, Compost, explosión demográfica, condiciones climáticas

ABSTRACT

In the present work we sought to analyze the viability of industrial production of compost from the organic material of the Urban Solid Waste (RSU), as an alternative to valorize them and avoid their deposition in the municipal dumps.

For this, a survey of the characteristics of the RSU was made and the quantities of organic matter produced by the inhabitants of the city of Ushuaia were estimated.

From the results obtained, the analysis of the production of compost in other regions with similar climate and the data of particular experiments of compost production in the city, an approximate value was estimated for the annual production of compost.

Based on the estimated compost that could be produced annually, the cost and profit estimate will be made

Due to the geographical characteristics of the place where the climate and the soil are not optimal for the farmer who wishes to grow crops of vegetables and tubers, which as a consequence must be carried out in greenhouses, compost production is viable, fulfilling three basic needs: collaborate with the needs from the farmer to fertilize and improve the soil for planting, reduce the volume of MSW in the municipal landfill and contribute to the reduction of environmental pollution.

1- INTRODUCCIÓN

1.1-Producción de residuos en las ciudades

La producción de residuos que los habitantes de las ciudades, ha crecido exponencialmente en la historia de la humanidad.

La contaminación producida por los residuos que diariamente se producen y acumulan en las ciudades por las actividades industriales, comerciales, domiciliarias, etc. han llevado a los distintos gobiernos a buscar alternativas que permitan por un lado la revalorización de estos residuos, como así también desarrollo o aplicación de tecnologías que reduzca la cantidad final que necesita ir a disposición final.



Figura 1 Basurales actuales

El Banco Mundial en su informe de 2018 (*What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*) [1] informa la generación de residuos en las distintas regiones del planeta.

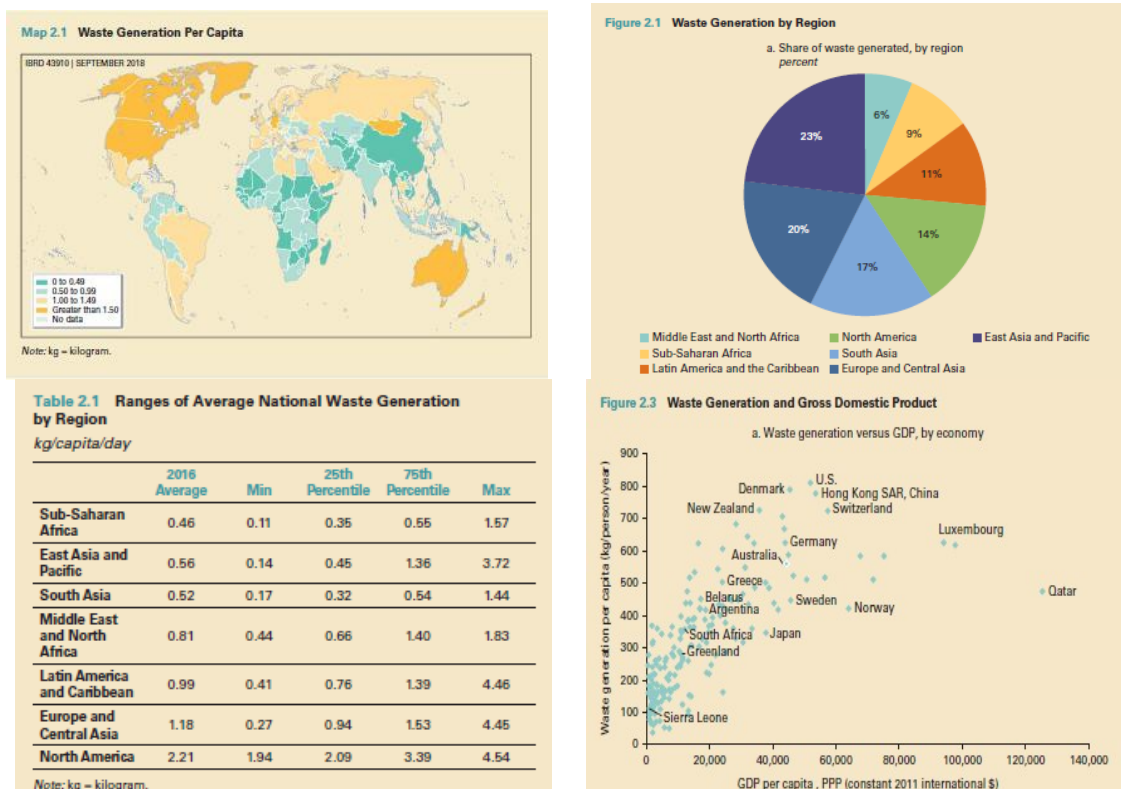


Figura 2 Estadística de la generación de residuos en el mundo

Además, informa que para 2050, si no media un programa de gestión de residuos, estos sufrirán un aumento del 70% considerando los valores actuales.

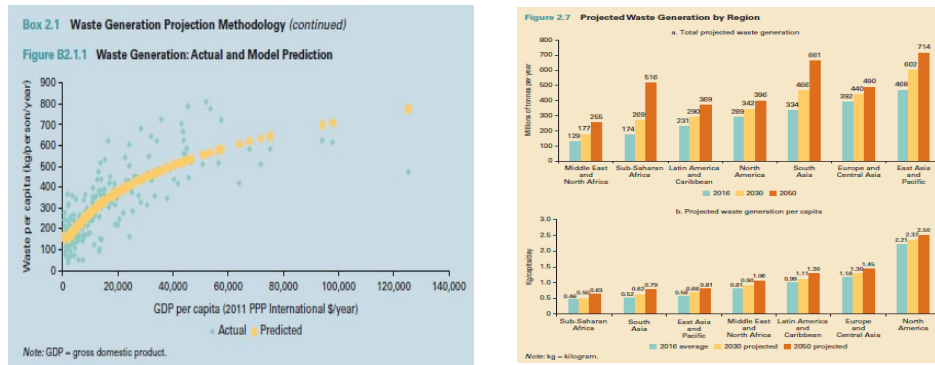


Figura 3 Proyección de la producción de Basura

La mala gestión de los desechos está perjudicando la salud humana y los entornos locales, agravando al mismo tiempo que favorece la producción de contaminantes que aceleran los problemas asociados al cambio que se sufre en el clima.

Contaminantes que al ingresar en la cadena trófica por acción de distintos vectores o por acción de procesos naturales promueve la dispersión de patologías que afectan a las poblaciones ubicadas en proximidades a vertederos o basurales mal gestionados

Tabla 1 Datos de enfermedades asociadas a la mala disposición de residuales sólidos y líquidos [2]

Enfermedades asociadas	N° de casos	%
Ira	20226	8,6
Parasitismo intestinal	5150	2,2
Diarrea	2677	1,1
Dengue	709	0,3
Malaria	333	0,1

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que más de tres millones de menores de 5 años mueren a nivel mundial debido a afecciones vinculadas con el medio ambiente. La OMS sostiene que el 30% de las enfermedades infantiles son producto de la contaminación ambiental, ubicando a los vertederos como el tercer factor de riesgo.

La Tabla 2 muestras varios vectores relacionados con enfermedades pueden encontrar un habitat adecuado en vertederos o basurales [3].

Tabla 2: Principales enfermedades sus vectores y formas de transmisión

Vectores	Formas de transmisión	Principales enfermedades
Ratas	Mordisco, orina y heces Pulgas	Peste bubónica Tifus murino Leptospirosis
Moscas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea Salmonelosis Cólera Amibiasis Disentería Giardiasis
Mosquitos	Picadura del mosquito hembra	Malaria Leishmaniasis Fiebre amarilla Dengue Filariasis
Cucarachas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo) Heces	Fiebre tifoidea Cólera Giardiasis
Aves	Heces	Toxoplasmosis

1.2- Situación de la producción y recolección de RSU en Ushuaia

La ciudad de Ushuaia está emplazada en la costa Sur de la Isla de Tierra de Fuego. Ubicada en un valle cordillerano, rodeada de la parte Sur del cordón de los Andes, es una ciudad que desde su inicio fomentó la actividad del turismo.

Sus nieves eternas en otros años fomentaba los deportes de invierno. Actualmente y concordancia con el aumento de la población y los problemas de calentamiento global han llevado a que la característica de nieves eternas durante todo el año allá cambiando, pero no así la maravilla de sus sitios.

Todo el año la ciudad de Ushuaia recibe una gran cantidad de turistas. Durante los meses de primavera-verano mencionados turistas acceden a la ciudad por diferentes medios (aéreos, terrestres, marítimos), en los meses de otoño-invierno prevalece el aéreo disminuyendo considerablemente el resto de los medios.

Este flujo constante de turistas hace que la producción de residuos asociados a las actividades de restauran, hotel y otras aumente considerablemente. Durante los meses de arribo de cruceros, se adicionan los residuos producidos en los mismos durante su viaje hasta Ushuaia, como así también los producidos durante su travesía Ushuaia-Antártida-Ushuaia.



Figura 4 (a) Paisaje invernal de Ushuaia, (b) Paisaje estival de Ushuaia

En las últimas décadas la ciudad de Ushuaia se ha expandido demográficamente con la migración de personas desde otros puntos de la Argentina, como así también de países extranjeros.

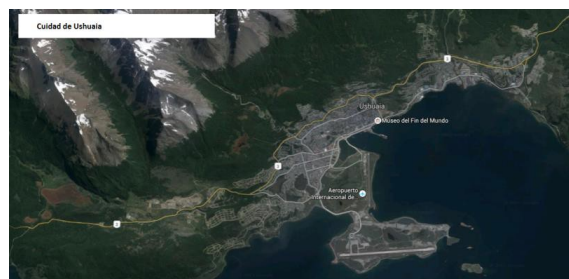


Figura 5 Imagen satelital de Ushuaia

A expandido sus actividades favoreciendo la radicación de fábricas electrónicas que se desarrollan ampliando sus productos. Esto llevó a la producción de residuos característicos de la actividad electrónica, como así también residuos asimilables a Residuos domiciliarios a partir de sus oficinas y comedores.



Figura 6 Industrias electrónicas de Ushuaia

El aumento de la población ha llevado a la tala del bosque y la ubicación de viviendas en distintas zonas de la ciudad. Esto ha producido una extensión de la zona de urbanización y con el correspondiente aumento la producción de residuos domiciliarios.

La municipalidad terceriza la recolección de residuos producidos en la ciudad. La empresa privada tiene un cronograma diario de recolección diaria en todos los barrios de la ciudad, sin existir una conducta cultural de selección en origen de los mismos. Los residuos son compactados en los camiones y sin ninguna tarea de selección son depositados en el vertedero a cielo abierto (vertedero municipal) que se ubica a unos 10 Km de la zona céntrica de la ciudad.

Por otro lado, todos los residuos de poda, del cuidado de los espacios de recreo, la parquización de zonas para embellecer la ciudad, el arreglo de los jardines, tala, construcción, electrodomésticos, etc., son recolectados semanalmente y denominados como residuos voluminosos siendo depositados en el mismo vertedero.



Figura 7 Imagen de sistema de recolección de Tierra del Fuego

La recolección y disposición final de residuos patógenos o peligrosos están a cargo de dos empresas privadas. Los procesos de tratamiento que usan las mismas son la esterilización por autoclave y pirolisis. Los residuos así tratados o sus restos son depositados en el vertedero municipal.



Figura 8 (a) Imagen de basural de Ushuaia. (b) Planta de incineración de Residuos

El crecimiento demográfico que ha sufrido la ciudad de Ushuaia ha llevado a que el vertedero municipal quede ubicado a poca distancia de las zonas urbanizadas.

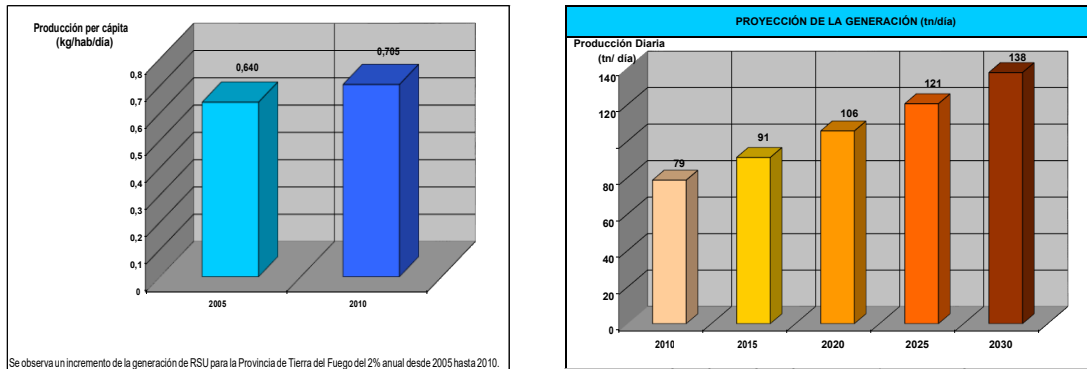
Desde 2005, en toda la Argentina, fue implementada la **Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU)**, la cual cuenta con un horizonte temporal de veinte años (2005-2025). Esta estrategia posee distintas fases de corto, mediano y largo plazo que se basan en criterios de integridad (Reducción en origen, Segregación Domiciliaria, Recolección y transporte, transferencia y regionalización, procesamiento -reciclado de inorgánicos, compostaje de orgánico y otros-, y Centros de Disposición Final (CDF)).

Los informes del seguimiento de la ENGIRSU de 2012, muestra la situación en la cual se encuentra la ciudad de Ushuaia.

La situación vigente deriva en un panorama heterogéneo en el que conviven basurales a cielo abierto, rellenos sanitarios próximos a agotarse, escasas y aisladas iniciativas de recuperación y reciclado de residuos.

En la Gráfica 1 se expone la generación diaria para 2005 y 2010 y la proyectada para 2015, 2020, 2025 y 2030 para la provincia de Tierra del Fuego, trabajo realizado por el ENGIRSU en la Fase 2 del proyecto de Estrategias para la gestión Nacional de Residuos Sólidos Urbanos. Dicha Fase comprende una revisión de datos para el periodo 2007/2010 y actualización a 2012. La fase 3 del proyecto que es revisión y actualización según requerimientos comprende el periodo 2015-2025.

Gráfica 1 Generación de residuos diaria y anual total para Tierra del Fuego [4]



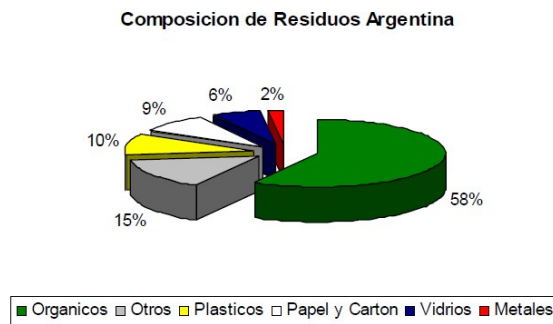
Si bien la GPC es un valor que varía en función de factores económicos se puede considerar para este tipo de análisis un número fijo promedio para proyectar la generación futura. Por otro lado, se debe tener en cuenta que la GPC incluye los residuos generados por el servicio de barrido y limpieza de calles y sumideros.

Si bien, no se ha realizado un estudio sistemático de la composición física de los residuos producidos en Argentina y que se ha determinado que tiene una vinculación con los factores socio-económicos, la ENGIRSU ha realizado una estimación porcentual de los RSU producidos en Argentina

1.3- Revalorización de los residuos

La Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable dependiente del Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación Argentina, en su plan estratégico de 2005 para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos (ENGIRSU) establece la importancia de implementar programas que permitan el tratamiento integral de los RSU.

La Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación estableció, a partir de datos que relevo, que la composición de los RSU de Argentina son los que se muestra en la siguiente figura



Fuente. Dirección de Calidad Ambiental, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio Salud y Ambiente.

Figura 10 Esquema de composición de Residuos en la Argentina según la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ministerio Salud y Ambiente

El plan de las GIRSU impulsa la separación de los componentes de los RSU con el objetivo de valorizar los mismos por medio de diversas tecnologías. Para el caso que nos interesa, la fracción orgánica tenemos los siguientes datos

Tabla 3 Tecnologías aplicables para la revalorización de los Residuos Orgánicos no peligrosos

Tipo de Residuo	Tiempo de degradación	Tecnología
Residuos Orgánicos No Peligrosos	variado	Compostaje, Lombricultura, Combustión, Digestión Anaeróbica Alimentación Animal, Lecho Hidropónico, Fermentación Alcohólica, Gasificación, Pirolisis

El compostaje es un proceso de fermentación aeróbico que permite la degradación parcial de la materia orgánica provocándose su humificación.

Durante dicho proceso ocurren varias reacciones que producen un aumento en la temperatura como así también variaciones de otros parámetros físico-químicos, esto lleva a que exista:

- Destrucción o reducción de los microorganismos patógenos.
- Inhibición de la capacidad germinativa de las semillas presentes en los residuos.
- Reducción de olores en el producto final, por la estabilización de la materia orgánica.
- Reducción del volumen y masa de la materia original debido a la reducción del contenido de agua y a la pérdida de materia seca, principalmente en forma de CO₂.
- Estabilización y homogeneización de la materia orgánica, permitiendo su uso agrícola o en jardinería.

En el proceso de compostaje se pueden observar cuatro fases durante las cuales es importante controlar los parámetros que afectan el crecimiento y reproducción de los microorganismos que actúan en el mismo.

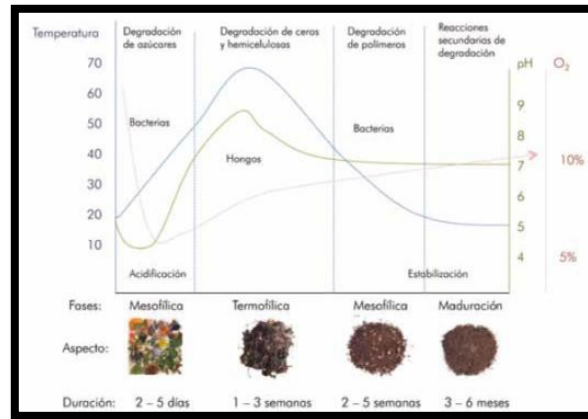


Figura 11 Etapas del proceso de compostaje

Los factores a controlar durante el proceso son: pH, temperatura, aireación (oxígeno), humedad del sustrato y la relación C/N.

1.4- Compostaje, revalorización de RSU

El proceso de compostaje se difunde y práctica, generalmente, con mayor aceptación en ciudades pequeñas. En nuestro país las tres áreas metropolitanas más grandes han puesto en funcionamiento instalaciones que permiten la producción de compost.

El 15% de las ciudades pequeñas (entre 2000 y 10000 habitantes) tienen implementado sistemas de recolección selectiva y plantas de recuperación para el reciclado y producción de compost.

En 2007 la Municipalidad de Ushuaia presenta el programa de Ushuaia recicla que busca concientizar a la comunidad en la separación en origen y el reciclado de los residuos.



Figura 12 Recolección de vidrio, PET

Por medio de este programa se fomenta la participación de la población en una separación en origen y el compromiso de la comunidad en una ciudad que cuida su medio ambiente. Ushuaia Recicla desarrolla capacitaciones en las escuelas.



Figura 13 Capacitación escolar

Se desarrollan proyectos en los cuales se reutilizan ciertos residuos como el PET y el vidrio



Figura 14 (a) Reutilización del vidrio recolectado y triturado como material de relleno en los fogones municipales, (b) Árbol de Navidad con botellas PET

Además del compromiso y concientización que generó Ushuaia recicla, una parte de los vecinos generan sus compost en rudimentarias composteras domiciliarias de pequeño volumen para ser utilizado en sus jardines.

1.5- Tecnologías para la producción de compost

En la práctica se diferencia tres sistemas que pueden ser utilizados en la producción de compost

- a) *Sistema abierto*
 Son de bajo costo y tecnología simple, requiere disponer de terrenos distantes a las urbanizaciones. Se aplican a comunidades medianas (menores a 80000 habitantes). Tienen complicaciones en zonas lluviosas debido al control de la humedad, lo cual hace necesario acondicionar para evitar que el agua de lluvia y la humedad ambiental altere las condiciones de compostaje.
- b) *Sistema cerrado*
 Este sistema permite que el mismo sea ubicado relativamente cercano de las urbanizaciones. Poseen menos impacto ambiental por olores que el sistema abierto. El espacio requerido para el compostaje se ve marcadamente reducido. Permite un control más eficiente de los parámetros del proceso y una perfecta higienización del producto obtenido.
- c) *Sistema semicerrado*
 Este sistema es una combinación de ambos sistemas. Está diseñado para poblaciones medianas o grandes, pudiendo ser ubicado en las cercanías de las urbanizaciones. Este sistema tiene las ventajas de ambos sistemas.



(a) (b) (c)

Figura 15 Sistemas de compostaje : (a) Sistema abierto, (b) Sistema cerrado, (c) sistema semicerrado

2- OBJETIVOS

2.1- Objetivo general

Evaluar la viabilidad de producción de compost en forma industrial a partir de la materia orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos y los Residuos de poda.

2.2- Objetivos particulares

- Definir las características de los RSU producidos en la ciudad de Ushuaia.
- Construir un instrumento para estimar los porcentajes de materia orgánica en los RSU.
- Construir un instrumento para estimar los residuos producidos en la poda y limpieza de espacios verdes.
- Generar estrategias para realizar compost en las condiciones climáticas imperantes en la ciudad de Ushuaia.
- Estudiar el destino del compost en relación a las actividades que se desarrollan localmente.
- Evaluar los costos de producción.

3- Metodología de trabajo

Durante años no han existido políticas que evalúen la producción de RSU en la ciudad de Ushuaia, esto ha llevado a que en la actualidad no existan registros que permitan evaluar las condiciones. Reconociendo la importancia de constar con por lo menos un dato estimativo, el área de ambiente de la Municipalidad de Ushuaia trabaja con datos de estimación basado en los sistemas de recolección.

Tomando en cuenta los valores actualizados indicados por dicha área y la estimación porcentual de materia orgánica de la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se realizaron los cálculos estimativos de materia prima disponible para la producción de compost.

Como dato adicional que nos permitirá comparar con los estimados de producción de RSU se realizaron encuestas *on line* para estimar la producción de residuos en los domicilios.

En dicha encuesta no sólo se buscó estimar la producción de RSU domiciliaria sino también investigar sobre el conocimiento que se posee tanto en lo que es el reciclado y revalorización de residuos, como sí también sobre conocimiento de la población sobre el sistema de recolección de residuos que existe en Ushuaia.

Se evaluaron casos puntuales de producción de compost en forma piloto llevados a cabo en otras épocas en distintos sitios de la Isla de Tierra del Fuego, en los relatos de los actores.

Para establecer cuál es el sistema que se considera más adecuado para la producción de compost en forma industrial se analizaron los datos de distribución urbana, reservas protegidas, datos del clima, población estimada, actividades principales de Ushuaia.

Teniendo en cuenta los puntos críticos del proceso de producción se estableció la factibilidad a corto, mediano o largo plazo de una masa crítica de compost que permitiera una rentabilidad en la producción de este producto.

4- Datos relevados

4.1- Ubicación geográfica de Ushuaia

Ushuaia es la única ciudad trasandina de la Argentina. Es considerada la más austral del mundo. Se encuentra ubicada a orillas del canal Beagle en la margen sur-oeste de la Isla de Tierra del Fuego (54°48'30"S 68°18'30"O), a 6 msnm, emplazada sobre la bahía de Ushuaia. Los Andes Fueguinos rodean a la ciudad. La urbanización de Ushuaia ha ido adaptándose a la geografía de la región y extendiéndose en los bosques cordilleranos.

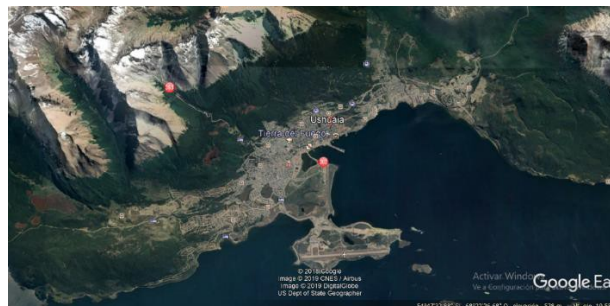


Figura 16 Imagen satelital de Ushuaia obtenida de Google Earth

No ha tenido una urbanización planificada, sino que ha sido causa de la migración de habitantes de las provincias Argentina como así también habitantes de países latino americanos (Chile, Bolivia, Perú, Venezuela) ha ido creciendo en forma desordenada.



Figura 17 Imagen de crecimiento de la ciudad de Ushuaia

Según el censo de 2010 [5] la población de la ciudad alcanzaba a 56.825 habitantes censados. La población tiene variaciones de acuerdo a la actividad industrial que posee la misma. Ushuaia en una ciudad posee al turismo como actividad económica que culturalmente se ha explotado. Durante la época invernal sus complejos de esquí están completo de viajeros que eligen a Ushuaia por sus paisajes y lo prístino de la zona. En verano, el puerto Ushuaia se convierte en la puerta a la Antártida. Cruceros del mundo llegan a Ushuaia para realizar su reabastecimiento. Durante horas los viajeros recorren los restaurants de Ushuaia disfrutando de las delicias gastronómicas. Durante la época estival el flujo de viajeros que llegan vía aérea o terrestre a Ushuaia también es importante. Estos movimientos de visitantes son importantes en lo que es estimar los valores de RSU producidos como fuente de materia prima para la producción de compost se debe considerar la producida en las temporadas de turismo.

4.2- Condiciones climáticas anuales de Ushuaia

La ciudad de Ushuaia fue considerada en otras épocas la ciudad de las nieves eternas. Los paisajes de nieve eran comunes en todos los meses del año. Con el cambio climático que sufre el planeta esto fue variando y si bien comúnmente sus temperaturas no superan las 15 °C, en los últimos años se han observado en época estival días con temperatura cercanas a los 30 °C, algo a lo cual sus habitantes no están acostumbrados. Acompañando los cambios climáticos se ha observado un aumento en la cantidad de lluvias que habitualmente se observaban en las épocas estivales. Sus inviernos también han ido cambiando y si bien existen episodios de tormentas de nieve, esta no es la de otras épocas, según indican los nacidos en Ushuaia.

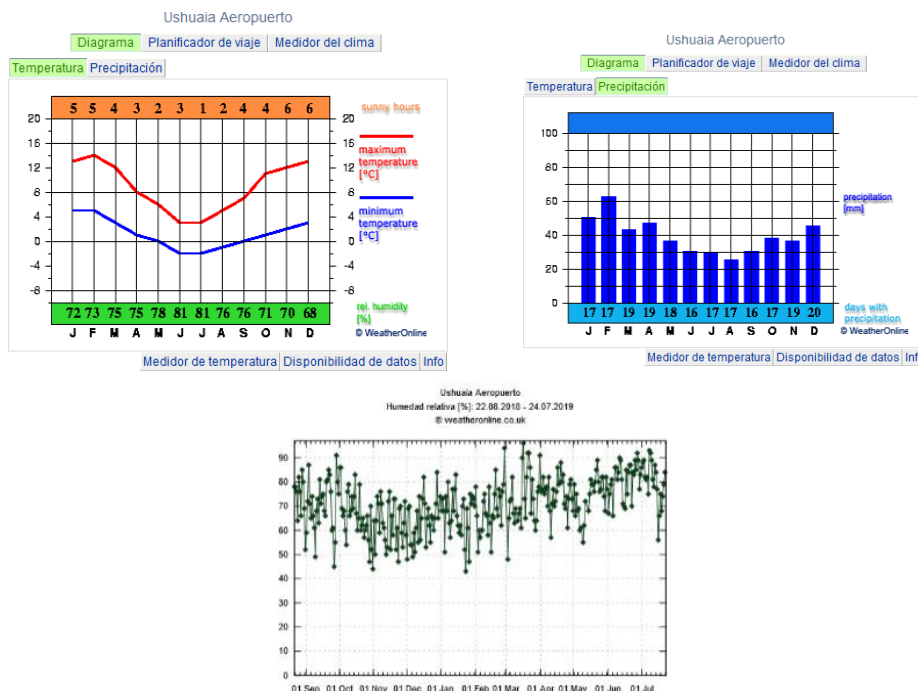


Figura 18 Gráficas de temperaturas, precipitación y humedad [6,7]

4.3- Estadística de producción de RSU

Las estadísticas usadas hasta el momento son las proveídas por el área de Medio Ambiente de la Municipalidad, quienes en base a los servicios de recolección han estimado la producción de RSU anuales para la ciudad de Ushuaia.

Tabla 4 *Estimación de producción de RSU en la ciudad de Ushuaia*

Servicio	Frecuencia	Cantidad recorridos diarios	de	Promedio semanal (Kg)	Promedio Anual (kg)
Recolección domiciliaria diurna + contenedores	6 (lunes a sábado)	7		220500	11377800
Recolección domiciliaria nocturna	6 (domingo a viernes)	5		157500	8127000
Gastronómicos	7 (lunes a domingo)	1		29000	1496400
Voluminosos Estivales	6 (lunes a sábado)	3		21702	5599911,6
Voluminosos Invernal	6 (lunes a sábado)	3		10584	273067,2
Total aproximado anualmente (Kg)					21834178,8
Total aproximado anualmente (Tn)					21834,1788

Teniendo en cuenta esta estimación y los datos de porcentaje de materia orgánica establecida por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable dependiente del Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación Argentina para los RSU producidos en Argentina se ha estimado que anualmente se producen en la ciudad.

Para esto se hizo discriminación entre los valores de residuos recolectados diariamente de los barrios que se consideran compuestos de mezclas de distintos tipos de RSU y los valores de gastronómicos que se establece como residuos constituidos por materia orgánica.

Por otro lado, se estimó los residuos de poda, teniendo en cuenta que estos son producidos en época estival y que en la ciudad de Ushuaia son recolectados a través del sistema de voluminosos. El servicio de voluminosos se encarga de retirar de las casas todo aquello que sea producto de la poda, corta de césped, residuos de equipos eléctricos o electrónicos, residuos de construcción, cartón, etc.

Teniendo en cuenta lo expresado en el párrafo anterior y que en invierno no se realiza poda, ni corte de césped, se estima que el valor estival de poda debe ser aproximadamente el 50% del indicado.

Tabla 5 *Estimación de producción de Residuos de Materia Orgánica en la ciudad de Ushuaia*

Tipo de residuo	Promedio Anual (Tn)
Materia orgánica	12809,184
Materia vegetal	2799,9558

4.3- Puntos relevantes del proceso**4.3.1- Separación de la materia orgánica a partir de los RSU**

La separación de la materia orgánica puede ser realizada en origen o en una planta de tratamiento. La mayoría de las familias que componen la comunidad de Ushuaia tiene conciencia de la importancia del cuidado del ambiente y la preservación de su estado natural.

Desde la Secretaría de Medio Ambiente de la Municipalidad constantemente se vienen realizando campañas de concientización a nivel general y en establecimientos educativos en post del cuidado del ambiente y trabajar en una ciudad sustentable.

Teniendo en cuenta que es viable la separación en origen es que consideramos como viable esta alternativa para la obtención de la materia orgánica requerida para la producción de compost.

Existe en la actualidad establecimientos educativos que realiza la separación de residuos en origen, tanto para ir educando a sus alumnos como así también para producir compost en pequeñas cantidades en composteras producidas por los mismos establecimientos.

Esta conducta de producción de compost se puede observar también en algunas familias que producen compost en forma privada para sus jardines.

4.3.2- Obtención de restos de poda libre de materia fecal de animales domésticos

Una de las particularidades de la ciudad de Ushuaia es que las podas y cortes de césped de las casas se realizan sólo en época estival, ya que en la época invernal se encuentra todo congelado o bajo nieve.

La producción de residuos de poda se restringe al crecimiento del pasto en época estival. Época en la cual el corte de pasto es la producción mayor de residuos de este tipo y que generalmente se puede estimar un corte cada 15 días. La producción por poda de árboles de la ciudad es más reducida ya que no es algo tan habitual.

4.3.3- Relación de materia orgánica a residuos de poda

En la producción de compost se ha establecido que en época invernal la relación de materia orgánica a vegetal es de tres partes a una, mientras que en época estival donde la basura doméstica contiene mayor contenido de líquidos ésta relación es de dos partes de materia orgánica a una de vegetal. Teniendo en cuenta que los datos de recolección de Residuos Urbanos anuales y de poda de la época estival, se observa que la relación de Materia orgánica a materia vegetal es muy superior a la requerida habitualmente para la producción de compost.

A consecuencia se advierte que es necesaria la búsqueda de residuos vegetales en el bosque para poder llegar a la relación adecuada.

5- CONCLUSIONES PARCIALES

El presente proyecto intenta establecer la factibilidad de producción de compost a escala industrial que permita la transformación de la materia orgánica de los RSU en compost para ser utilizados como fertilizante terrestre.

Actualmente todavía nos quedan por evaluar los datos económicos y de producción de compost, pero consideramos que teniendo en cuenta las posibilidades de diseño, las características climáticas y las experiencias previas realizadas es adecuado la producción de compost en establecimientos cerrados, tipo invernaderos, donde se pueda establecer un control adecuado de la temperatura externa y humedad, evitando que las pilas de producción de compost se encuentren bajo las nevadas o heladas, como así también las lluvias intensas que se desarrollan en los últimos años. Este tipo de establecimientos ya existen en otros países y permiten la producción a escala, evitando el acopio excesivo de residuo en los basurales.

6- BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development; Washington, DC: World Bank. © World Bank. Washington, DC 20433. <https://olc.worldbank.org/system/files/What%20a%20Waste%202.0%20Overview.pdf>. Último acceso 20/9/2019.
- [2] MSc. Elieser Escalona Guerra. 2014. "Health damage due to poor disposal of solid and liquid wastes in Dili, Timor Leste". Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 52(2):270-277. Cuba. SciELO Cuba. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n2/hig11214.pdf>. Último acceso 20/9/2019
- [3] Gloria Plaza, Omar Zapata. 2011 "Residuos y Salud: Tartagal – Salta". Rev. Cienc. Tecnol. Año 13, Nº 1635-43. Universidad Nacional de Misiones Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Misiones. Argentina.
- [4] Argentina.gob.ar. Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU). Planilla Excel de Evaluación de la situación de la ENGIRSU, año 2012- Tierra del Fuego. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/preservacion-control/gestionresiduos/estrategianacional#fn:1>. Último acceso 18/9/2019.
- [5] Info de Ushuaia. Resultados del Censo Ushuaia 2010. Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico sur. <http://www.infodeushuaia.com/Informacion-Turistica/Resultados-del-Censo-Ushuaia-2010.-Tierra-del-Fuego-Antartida-e-Islas-del-Atlantico-sur>. Último acceso 18/9/2019.
- [6] Servicio Meteorológico Nacional. Estadística Climáticas. Ushuaia, Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>. Último acceso 20/9/2019.
- [7] WeatherOnline. Archivo. Temperaturas y Precipitaciones. Suramérica. Argentina. Ushuaia. Aeropuerto. Humedad relativa. <https://www.woespana.es/weather/maps/city>. Último acceso 20/9/2019.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las personas que trabajan en Gestión Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente Municipalidad de Ushuaia.

Simulación basada en dinámica de sistemas para la evaluación de sistemas de gestión de envases usados

Martino, Leonel, Allende, David, Valvano, Guillermo*

*Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional.
Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A.
leonel_martino@yahoo.com*

RESUMEN.

La reducción y minimización de los residuos sólidos urbanos (RSU) continúa siendo un problema muy relevante en Argentina, dada la gran proporción de éstos que terminan dispuestos en rellenos sanitarios. Distintas experiencias han mostrado que existe una probabilidad muy grande de incrementar las tasas de recuperación de materiales reciclables por medio de la introducción de un Sistema de Depósito Devolución y Retorno (SDDR), el cual implica un pago extra por un producto, el cual es devuelto luego de retornar la unidad de envase vacío. Este sistema ha sido muy utilizado para diferentes botellas de PET, aunque también para vidrio y latas de aluminio.

En el presente trabajo se propone el análisis por medio de la Dinámica de Sistemas (DS) para evaluar la factibilidad técnica, las necesidades de infraestructura y logística y los aspectos económicos de la implementación de un SDDR para envases usados en Argentina. Para ello se empleó el software de simulación Vensim PLE en la construcción del SDDR, consistente en dos subsistemas: a) un subsistema de generación de residuos y reciclaje que involucra stocks de envases en las fábricas de bebidas, depósitos de envases, comercios y consumidores, alimentando un ciclo constituido por envases consumidos, reciclados y devueltos a depósitos o plantas de remanufactura; y b) un subsistema de costos de gestión de residuos y determinación del costo-beneficio total de la implementación del SDDR y sus posibles efectos en el nivel de consumo.

El modelo propuesto permite evaluar, entre otros, el impacto de diferentes medidas de gestión en el tamaño final de instalaciones de reciclado, las variaciones en las tasas de reciclaje, los índices de desviación de vertedero, el valor óptimo del pago extra por envase para maximizar el beneficio neto del sistema de gestión y el rol de las actitudes de los consumidores sobre la recuperación de envases.

Palabras Claves: dinámica de sistemas, reciclado, envases, SDDR, residuos sólidos urbanos

ABSTRACT

Municipal solid waste minimization practices are still a relevant issue in Argentina, since a great proportion of total waste generated is still disposed in sanitary landfills. Previous experiences have shown that recycling rates are improved by the implementation of Deposit-Refund schemes, a system that combines a tax on product consumption with a rebate when the product is returned for recycling. It is mostly implemented to collect and recycle beverage containers made of PET, but also glass or aluminum cans.

This research has applied the concept of system dynamics (SD) to evaluate the technical and economic feasibility and the logistic and infrastructure requirements for the establishment of a Deposit-Refund system for beverage containers in Argentina. In that sense, the Vensim PLE SD modeling software was used to simulate the Deposit-Refund system organized as: a) the waste generation and recycling subsystem, including beverage containers stocks in manufacturers, distributors, retailers and consumers, and identifying causal-loops with the waste generation, recycling and remanufacturing; and b) the waste management and economic benefit assessment subsystem, linking the implementation of Deposit-Refund system with the overall trends in beverage consumption.

The proposed model allows the evaluation of, among others, the impact of different waste management initiatives on the optimal sizing of recycling facilities, on the waste recycling rate and the waste diversion rate. Also, model simulations are useful to estimate the optimal system of fees and reimbursements for beverage containers, the amount of revenues to be collected and the possible consumer's attitude and behavior toward recycling when the system is implemented.

1. INTRODUCCIÓN

La reducción y minimización de los residuos sólidos urbanos (RSU) continúa siendo un problema muy relevante en Argentina, y en particular en el Conurbano Bonaerense, dada la gran proporción de RSU que terminan dispuestos en rellenos sanitarios [1]. Si bien la tasa de separación en origen de materiales reciclables ha ido en incremento, todavía en el año 2019 permanece muy baja, alrededor del 6% según estimaciones oficiales [2]. Más aún, la disposición inadecuada de residuos es preocupantemente alta (35,3% promedio en el país), tanto por la relación estrecha que existe entre salud pública y la gestión inapropiada de RSU, como por las implicancias económicas relacionadas con el uso de recursos.

La proliferación del uso de materiales plásticos, en combinación con un mal manejo de su vida útil ha contribuido a la contaminación persistente con éstos, ya que, desde los años 50, alrededor del 80% se han acumulado en el ambiente o en rellenos sanitarios [3]. En particular, los envases hechos con tereftalato de polietileno (PET, por sus siglas en inglés) constituyen uno de los elementos reciclables más usados en el país gracias a sus cualidades físicas, químicas y económicas, pero el porcentaje de reciclado de este material respecto a su producción es muy bajo [3]. Si bien los avances tecnológicos en los procesos de fabricación a nivel mundial permiten obtener nuevos envases con un contenido de hasta 51% de R-PET, se estima que en la Argentina se producen y se descartan unas 200.000 toneladas anuales de envases de este material.

Distintas experiencias en varios países han mostrado que existe una probabilidad muy grande de incrementar las tasas de recuperación de materiales reciclables por medio de la introducción de un Sistema de Depósito Devolución y Retorno (SDDR). Este tipo de sistemas significa que existe un pago extra por un producto, el cual es devuelto luego de devolver la unidad de envase vacío. El ciclo del depósito tiene dos partes: la externa, entre consumo y comercio, y la interna, entre los envasadores, comercios y recuperadores. Este sistema ha sido muy utilizado para diferentes botellas de PET, aunque también vidrio y latas de aluminio. Para países desarrollados, los materiales de empaque involucrados en sistemas SDDR constituye en promedio un 19% del todo el desecho municipal. La clave de su eficacia radica en la respuesta de los ciudadanos y en su colaboración; al dejar un dinero de depósito, el usuario pasa a considerar el envase como un bien económico en vez de un desecho.

Existen varias ventajas al implementar este sistema, como la disminución de la cantidad de residuos que se disponen en rellenos sanitarios y la reducción del abandono de residuos (littering) [4], [5]. Varios tipos de SDDR se han aplicado en diferentes países y existen diversos estudios sobre las metas alcanzadas en reducción de residuos [6]–[8]. Asimismo, los aspectos económicos de la implementación de los SDDR han sido previamente analizados, incluyendo el análisis de costo-beneficio [4] y el impacto en los distribuidores y mecanismos de evaluación [7], [9]. Sin embargo, la situación en otros países no puede aplicarse directamente para el análisis en Argentina dado que la política de gestión de residuos, como aspectos sociales, económicos y ambientales son netamente diferentes.

Con el objeto de estimar la factibilidad técnica, las necesidades de infraestructura y logística y los aspectos económicos de la implementación de un SDDR para envases de PET en Argentina, en el presente trabajo se propone el análisis por medio de la Dinámica de Sistemas (DS) para evaluar la factibilidad técnica y económica de operación de dicho sistema. Forrester introdujo los modelos basados en DS para la comprensión de problemas dinámicos y han sido ampliamente considerados para estudios de gestión de residuos en la evaluación de procesos de producción y remanufactura y también para examinar la influencia de factores sociales, económicos y legales en estudios de recuperación de materiales [6].

En este estudio se utiliza la aproximación basada en DS para el análisis completo del sistema de gestión de envases, inicialmente para PET pero también aplicable para vidrio y aluminio, en el cual participan productores, fabricantes, vendedores, consumidores y recicladores.

2. EL MODELO BÁSICO DEL SISTEMA DE DEPÓSITO DEVOLUCIÓN Y RETORNO

2.1. El Sistema SDDR básico

Existen varias partes involucradas en el sistema SDDR (fabricantes, vendedores, mayoristas, minoristas, consumidores y otros) que hacen el sistema complejo debido a que cada participante posee diferentes necesidades e intereses. La implementación del SDDR solo puede ser óptima en el caso de que todos los involucrados estén económica y emocionalmente satisfechos para formar parte de este. La motivación básica del uso de este sistema es incrementar el nivel de recuperación de envases de PET: al introducir un valor monetario al costo del producto que debe ser pagado por los consumidores, se despierta su interés en devolver las botellas vacías con el objeto de recuperar su dinero. Los fabricantes participan en el mismo pagando el valor monetario por cada unidad de botella y si este valor es más alto que los costos de participación poseen un interés mayor para involucrarse. Los vendedores mayoristas y minoristas pueden usar el SDDR como herramienta de mercadeo para atraer nuevos clientes. Cuando éstos compran los productos envasados, pagan el depósito. Luego de que los consumidores deciden devolver los envases vacíos, éstos son

recolectados automáticamente por medio de máquinas automáticas, en las cuales los envases son segregados y almacenados hasta la recolección. Los envases limpios pueden ser reprocesados, ingresando otra vez al circuito o destinados a otros usos. En general, los envases recolectados no son utilizados directamente por el fabricante, sino que suele intervenir un agente intermedio que se dedica a la recolección, selección y venta del material.

Los consumidores pueden elegir eventualmente no devolver los envases, debido a diferentes motivos, entre los cuales podría mencionarse la falta de tiempo, interés o principalmente la cantidad insignificante que representa el valor del depósito comparada con el ingreso del consumidor.

Finalmente, un operador que administre el sistema es necesario para cubrir parte de los costos de operación e introducción del SDDR. Un esquema simplificado del sistema puede verse en la Figura 1.

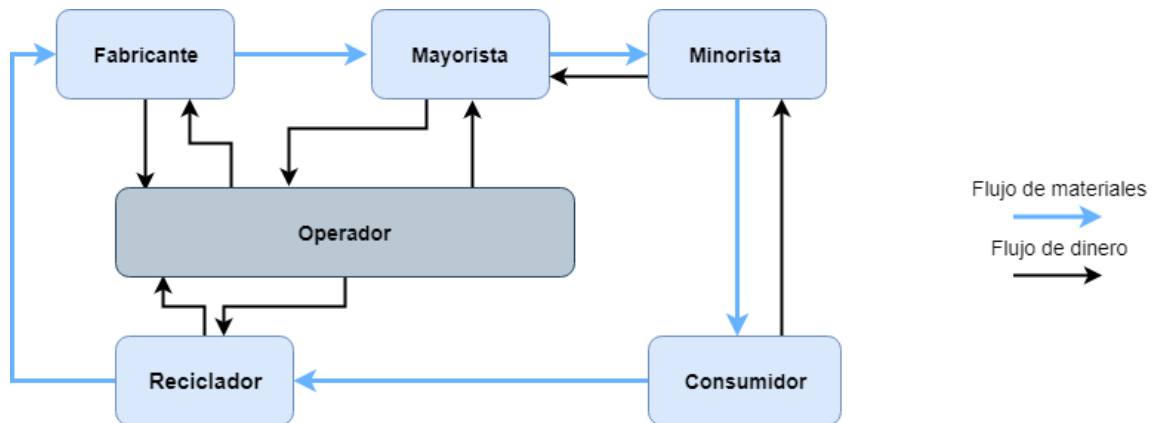


Figura 1 Esquema simplificado de los flujos del SDDR.

2.1. El Modelo propuesto: Dinámica de Sistemas (DS)

En este trabajo se utiliza la aproximación de dinámica de sistemas (DS) como método de simulación. La DS es una técnica de análisis que desde los años 60 ha asistido a investigadores para comprender el comportamiento dinámico de sistemas complejos [6]. En su libro, Forrester define SD como “el estudio de las características de información-retroalimentación de la actividad industrial, para mostrar cómo la estructura organizacional, amplificación (en políticas) y retrasos (en decisiones y acciones) interactúan para influenciar el éxito de un emprendimiento” [10].

Este marco de análisis se centra en el concepto de pensar en sistemas, pero es necesario considerar la construcción y prueba de un modelo de simulación computacional. La principal característica del método es la consideración del fenómeno a estudiar como un sistema complejo que cambia en el tiempo y la existencia distintos lazos de retroalimentación de información cerrados que deben formalizarse y visualizarse.

Los pasos sistemáticos en el modelo de DS utilizado para evaluar el SDDR son:

- I. Definición del problema y metas a alcanzar:
- II. Descripción dinámica del sistema con diagramas de flujo
- III. Formulación de la estructura del modelo y desarrollos de submodelos matemáticos que representan las interacciones
- IV. Recolección inicial de datos para la operación del sistema.
- V. Evaluación de las salidas del modelo y análisis.

2.1.1 Definición del problema y metas a alcanzar.

Construir una herramienta para la toma de decisiones que permita el diseño de diferentes escenarios para evaluar cómo la implementación de un sistema SDDR en una ciudad intermedia influye en las variaciones en las tasas de reciclaje, los índices de desviación de vertedero, el valor óptimo del pago extra por envase para maximizar el beneficio neto del sistema de gestión, el impacto de diferentes medidas de gestión de envases en el tamaño final de instalaciones de reciclado y el rol de las actitudes de los consumidores sobre la tasa de recuperación de PET.

2.1.2 Descripción dinámica del sistema con diagramas de flujo.

Se utilizó el software Vensim PLE en la construcción del SDDR consistente en dos subsistemas: a) producción, consumo, generación de PET como residuo y reciclaje y b) gestión de residuos y evaluación de beneficios económicos. Se trató de incluir el comportamiento de los actores involucrados, tratando de dejar el tamaño y complejidad del modelo final lo más pequeño posible. Se exploraron varios mecanismos para incluir la actitud de los consumidores, minoristas, mayoristas y fabricantes tratando de identificar las posibles variables que podrían influir en la implementación del sistema. Se eligió un horizonte de tiempo de 2 años con un salto de tiempo de 1 mes, considerando la disponibilidad de datos medidos en base mensual. Un detalle del modelo formulado en VENSIM puede verse en la Figura 2, Figura 3 y Figura 4.

En DS se distinguen tres tipos de variables, en función de su propio cometido con el modelo. Estos son:

- Niveles (stocks) suponen la acumulación en el tiempo de una cierta magnitud. Son las variables de estado del sistema, en cuanto que los valores que toman determinan la situación en la que se encuentra el mismo. En el modelo planteado existen niveles para el material PET en todo su ciclo, desde que forma parte de la botella hasta el PET listo para reciclar y también para el dinero que comienza como depósito o los inputs de dinero que implican los costos asociados a la gestión del SDDR.
- Los flujos expresan de manera explícita la variación por unidad de tiempo de los niveles. El flujo alimenta o reduce el nivel. En tal sentido, el movimiento de PET y dinero a través de fabricantes, mayoristas, minoristas, consumidores y operador van provocando cambios en los estados de los niveles involucrados.
- Las variables auxiliares son variables de ayuda en el modelo. Su papel auxiliar consiste en colaborar en la definición de las variables de flujo y en documentar el modelo haciéndolo más comprensible. Existen un gran número de variables de este tipo que van desde tasas asociadas a la venta y consumo de botellas de PET, hasta variables más descriptivas como la influencia del valor del depósito en las ventas totales de bebidas de consumo. Además de las variables reseñadas, en el modelo hay también parámetros, o sea, variables que se mantienen constantes durante todo el horizonte temporal de ejecución del modelo.

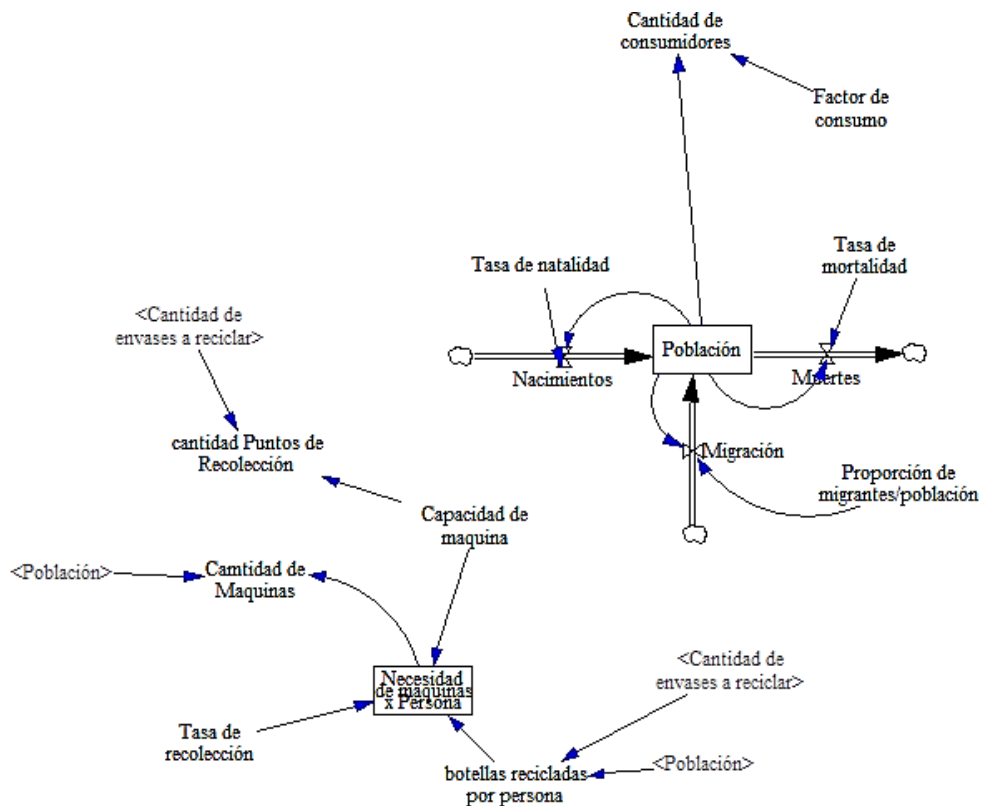


Figura 2. Diagrama de Flujos, niveles y variables para el SDDR propuesto. Modelo de población-consumidores de PET y puntos de recolección de envases.

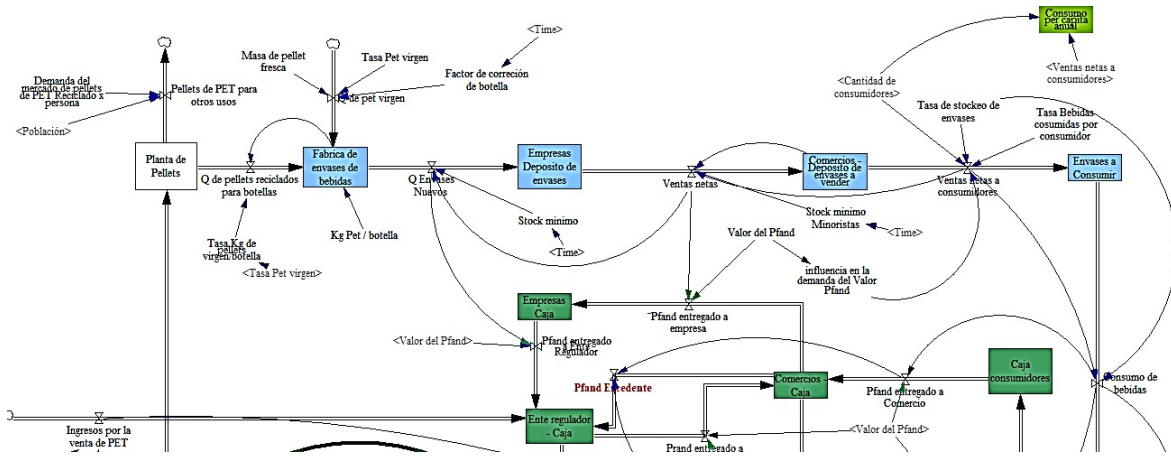


Figura 3. Diagrama de Flujos, niveles y variables para el SDDR propuesto. Detalle del flujo de envases de PET, desde su fabricación hasta su consumo.

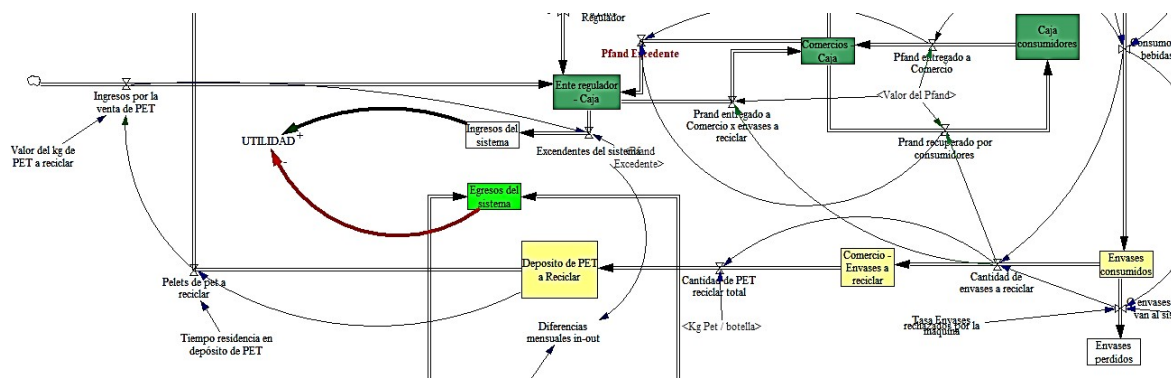


Figura 3. Diagrama de Flujos, niveles y variables para el SDDR propuesto. Detalle del flujo de dinero generado por el pago de depósitos en el SDDR.

2.1.3 Formulación de la estructura del modelo y desarrollos de submodelos matemáticos que representan las interacciones.

El modelo planteado incluye los siguientes elementos endógenos: una población simple con una tasa de natalidad y mortalidad y migración neta de habitantes, con un comportamiento de consumo de envases PET definido y una actitud específica hacia el reciclado.

Los elementos exógenos al sistema son un estado de la economía que define costos de operación y mantenimiento, precios de materiales y tasa de consumo de bebidas.

En la formulación se tomaron los siguientes supuestos:

- La demanda de los consumidores en cada salto de tiempo es aleatoria, pero obedece a una distribución de tipo normal
- El precio del depósito no varía con el tiempo
- Se prevé acumulación de PET (envases o material) y de dinero en algunos niveles del sistema.
- La única actividad de recuperación de PET es el reciclado como se plantea en el sistema propuesto
- Se asume que la capacidad de almacenamiento de productores, mayoristas y minoristas es muy grande
- El tiempo total de simulación es de 2 años
- Los costos de operación y mantenimiento del sistema no varían con el tiempo
- Existe un número inicial de máquinas automáticas para la devolución del depósito que va incrementando con la implementación gradual del SDDR.
- Existe una proporción de envases que no son reciclados y salen del sistema propuesto, de la misma forma que no todo el RPET es reutilizado para formular nuevos envases.
- Todo el material reciclable se encuentra en un solo estado de agregación (no se diferencian tipos ni tamaños) para lograr que el sistema permanezca pequeño y manejable.
- Tanto el valor del PET como el del RPET es constante en el mercado.
- El modelo no contempla la variación de consumo segregada por edades.

- m) Se asume que dentro de los costos logísticos inicialmente se implementará la misma flota y recorrido actual que utiliza la ciudad.
- n) El modelo supone que tanto el ente regulador como los distintos actores del modelo tienen el lugar físico necesario para su implementación
- o) Se considera que RPET no utilizado para la fabricación del envase, siempre tiene mercado para ser comercializado

Una lista de variables y parámetros incluidos en el sistema se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 *Variables y parámetros incluidos en el sistema.*

Variable/Parámetro	Descripción
Tasa de bebidas consumidas	Ajuste del nivel de consumo de PET de acuerdo a la cantidad de litros de bebidas azucaradas y no azucaradas por habitante.
Tasa de stockeo de envases	Ajuste en el nivel de envases a vender debido a logísticas del minorista
Valor del Pfand	Valor del depósito en pesos, que se recarga al envase y que el consumidor debe pagar para que luego sea devuelto.
Stock mínimo	Ajuste del flujo de envases que van del fabricante de bebidas al mayorista por variación estacional del consumo de bebidas
Tasa de PET virgen	Proporción de PET que virgen (no es RPET del circuito de reciclado) para la fabricación de botellas
Tasa de destrucción de envases	Proporción de envases que no son devueltos porque se disponen (correcta/incorrectamente) o porque se destruyen
Tasa en envases rechazados por la máquina	Porcentaje de botellas con defectos que son rechazados por las máquinas, por lo que no se pueden reciclar y salen del sistema SDDR
Tiempo de residencia de PET en depósito	Días que permanecen los envases reciclados en el depósito previo a su recolección y venta las plantas procesadoras de pellets
Tasa kg de PET virgen/botella	Masa de PET virgen contenida en una botella estándar de 1,5 litros de capacidad
Tasas de crecimiento (natalidad, mortalidad, inmigración)	Nacimientos, muertes e inmigrantes netos por habitante y por mes.
Tasa de recolección	Cantidad de veces mensuales que debe vaciarse una máquina que recolecta PET usados.

2.1.4 **Recolección inicial de datos para la operación del sistema. Caso de Estudio.**

El modelo propuesto es un sistema acoplado con ecuaciones basadas en la aproximación de síntesis de Forrester que comprende los dos sistemas dinámicos de dinero y material PET. Se corrió un escenario base con datos y tasas reales (población, actitud de consumo, costos iniciales) del Gran Buenos Aires. Los detalles de algunos inputs básicos para el caso de estudio se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 *Datos y tasas básicas para el Escenario base considerado en el estudio.*

Tasa de natalidad, mortalidad y migración neta	Valores promedio estimados para el año 2019 para el Gran Buenos Aires [11].
Consumo de bebidas	Estadísticas de la Subsecretaría de Bienestar Ciudadano de CABA [12].
Tasa de reciclado de material	Datos generales para el país [2].

Dado que el reciclado se apoya en la participación individual [13], contar con información de los factores que influyen a las personas a participar de un SDDR es fundamental para su implementación. En tal sentido, se elaboró un cuestionario de 10 preguntas con el objeto de recolectar información sobre hábitos actuales de reciclaje y la disposición del público a pagar para implementar sistema de gestión de residuos de PET. Los datos se recolectaron aleatoriamente de 356 personas seleccionadas en la calle y por medio de una encuesta de distribución en línea, durante los meses de marzo a setiembre de 2019. Los resultados se aplicaron directamente al modelo, en forma de tasas y funciones que relacionan costos y tendencias a reciclar PET

2.1.5 **Evaluación de las salidas.**

Con la implementación del modelo, las salidas son múltiples, pero el análisis se centra la estimación del tamaño del sistema, es decir en el volumen de PET vuelve en el ciclo de reciclado, con las implicancias para el diseño de los sistemas de almacenamiento y recolección y en la determinación del valor del depósito que garantice el adecuado funcionamiento del SDDR.

3. RESULTADOS.

El escenario base para el Gran Buenos Aires se corrió en el modelo considerando las características de la población local (consumo, generación de residuos de PET per cápita) y tendencia a reciclar obtenida en los cuestionarios. En las Figuras 5 y 6 pueden verse algunos resultados del cuestionario, en los que se destaca que alrededor del 82% de los encuestados desecha hasta 5 botellas semanalmente y que un 35% estaría dispuesto a pagar un depósito de hasta \$2 por botella. Solo a un 31% de los encuestados les pareció que un valor de \$5 era insignificante.

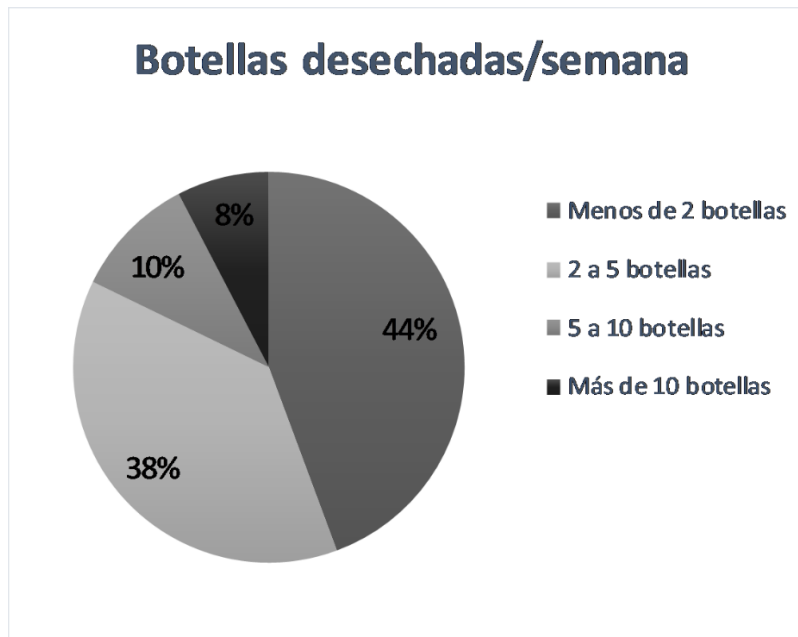


Figura 5 Cantidad de botellas de PET desechadas semanalmente de acuerdo con el cuestionario en el área de estudio

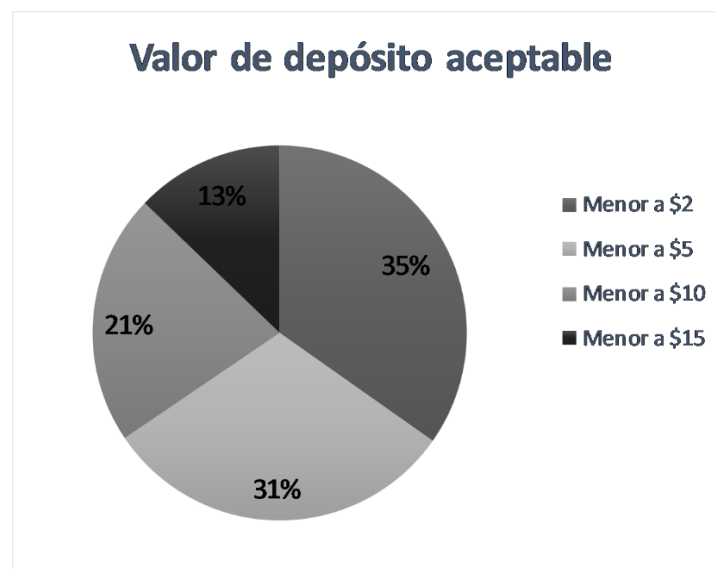


Figura 6 Valor del depósito por la botella considerado como insignificante, de manera que no genera interés en devolver el envase.

Con la implementación del modelo, los resultados generados son múltiples, pero en este artículo se discuten únicamente los aspectos relacionados con las cantidades recicladas, en relación con la generación total de residuos de PET y la influencia del valor del depósito en la implementación del sistema.

El Escenario base corrido con VENSIM pronosticó un crecimiento de la cantidad de consumidores de un 2,8% en el período simulado. Asimismo, la cantidad de envases consumidos mostró un crecimiento total del 3,8% en el mismo período de tiempo (Figura 7).

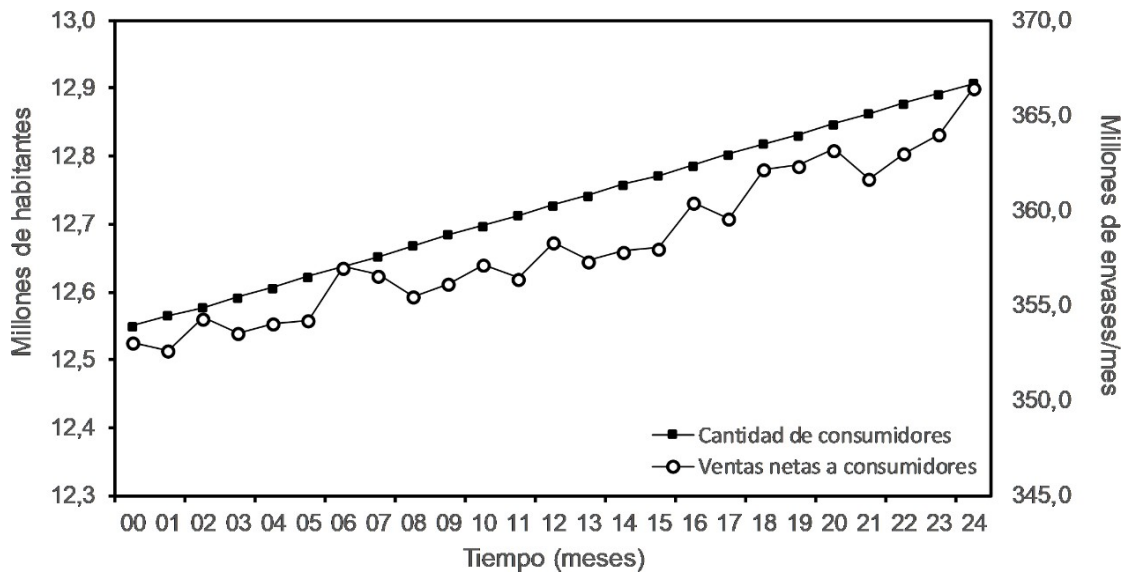


Figura 7 Evolución de la cantidad de consumidores (en millones de habitantes) y consumo de envases mensual (millones de envases por mes).

En el mismo periodo de tiempo analizado, los envases que son reciclados, respecto a los envases que salen del sistema SDDR a implementar se encuentran en relación 1:0,83, con variaciones intermensuales leves. Este cálculo se hizo para un valor de depósito de \$5. Esto es, considerando un valor de depósito aceptable para alrededor de 1/3 de la población del área de estudio, aproximadamente el 50% de los envases serían todavía descartados (Figura 8).

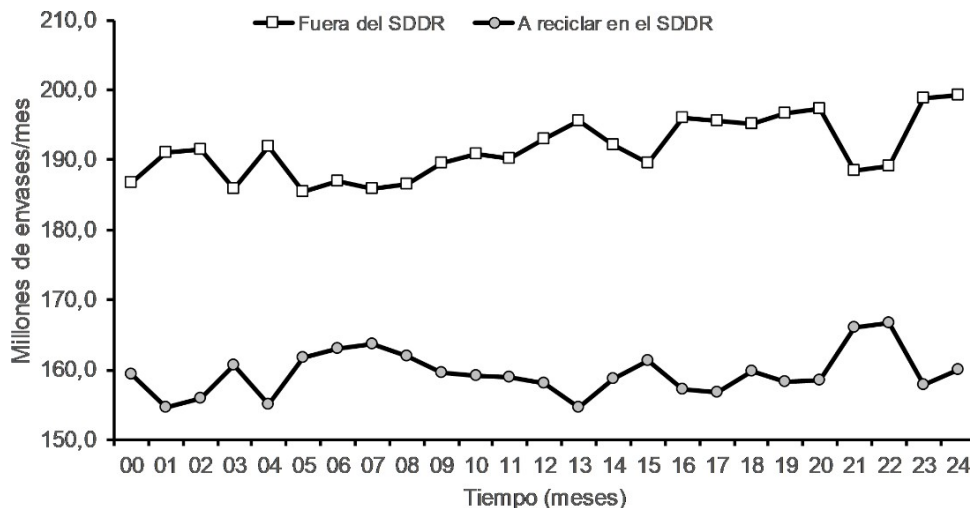


Figura 8 Variación temporal del destino de los envases consumidos en el área de estudio, para un valor de depósito de \$5. Notar que todavía existe una gran cantidad de envases que queda fuera del SDDR.

En relación con el valor de depósito fijado, la tasa de reciclaje y el consumo mensual de botellas, la evolución de dinero (sin considerar los costos fijos ni variables de implementación del SDDR se muestra en la Figura 9.

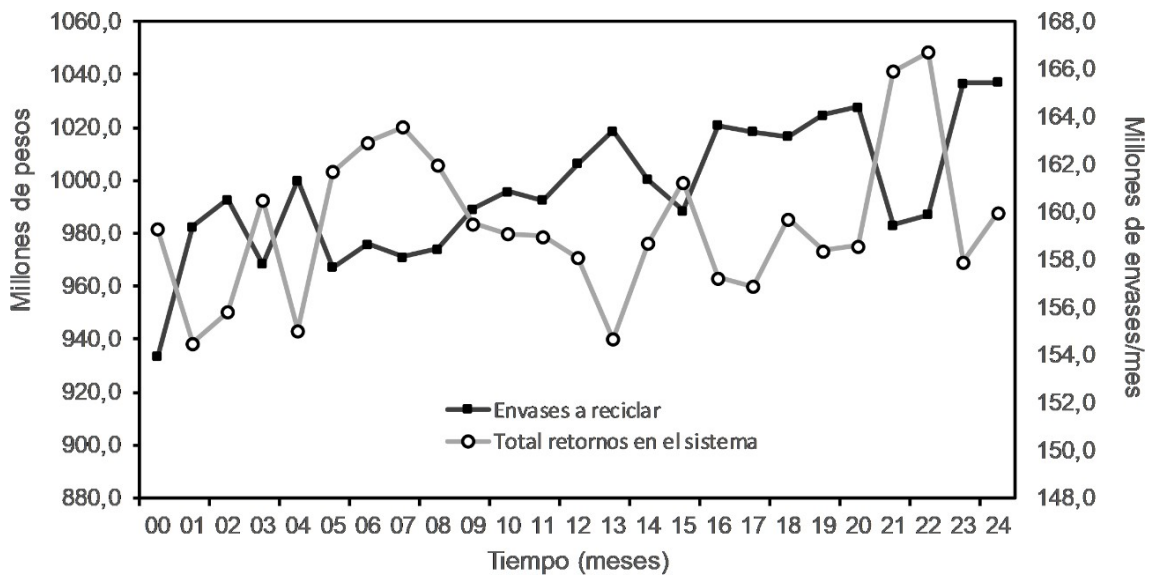


Figura 9 Cantidad de envases a reciclar y retornos del sistema SDDR sin considerar costos de implementación y fijos de mantenimiento.

El modelo permite el análisis de escenarios alternativos para la evaluación de la evolución de algunas variables del sistema, cambiando supuestos de entrada. Por ejemplo, dado que alrededor del 33% de los encuestados consideró aceptable un valor de depósito de \$2 y un 21% un valor de \$10, es posible evaluar la influencia de estas alternativas en la cantidad de envases consumidos y reciclados, como muestra la Figura 10. Es evidente que un mayor valor de depósito encarece el producto reduciendo el consumo, pero garantiza un mayor retorno de los envases vacíos.

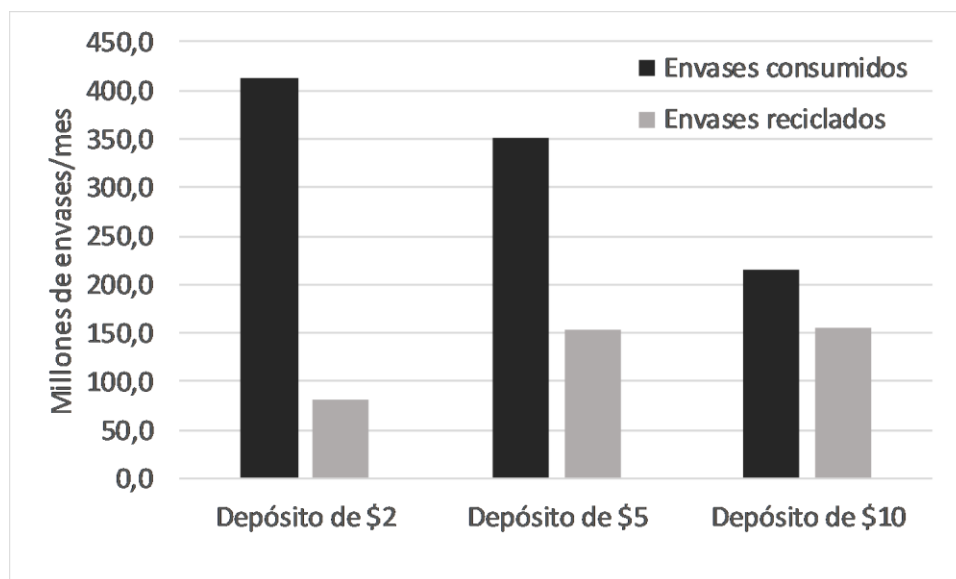


Figura 10 Promedio de envases consumidos (en millones de envases por mes) y envases reciclados, variando en valor del depósito.

4. DISCUSIÓN.

El propósito de este artículo es presentar el desarrollo y uso de un modelo de simulación basado en dinámica de sistemas para ayudar a tomadores de decisiones en la implementación de un modelo SDDR. El desarrollo del modelo utiliza la variación demográfica de la población para estimar el consumo materiales reciclables (PET en este caso de estudio), el nivel de residuos generados, la cantidad de material reciclado y nivel de beneficios del sistema considerando costos de implementación y mantenimiento.

A través de los resultados generados por el modelo, es posible, por ejemplo, examinar el efecto de incentivos para reducir la generación de residuos, como variaciones en el valor de depósito, en el

tamaño total del sistema (capacidades de almacenamiento, frecuencia de recolección, etc.), en el nivel de consumo o en el interés de reciclar.

Si bien los escenarios presentados se configuraron para evaluar el SDDR en el Gran Buenos Aires, el modelo puede adaptarse a las necesidades de cualquier usuario y reconfigurarse para casos de análisis diferentes. Respecto a los resultados proporcionados por el modelo, en este trabajo se hizo hincapié en los volúmenes de material que maneja el SDDR y el dimensionamiento del sistema de gestión, pero es posible evaluar también la implementación de este desde el punto de vista de la evolución de costos y las necesidades de financiamiento.

Como trabajo a futuro se pretende mejorar la capacidad predictiva del modelo, considerando variaciones del valor del depósito en el tiempo, capacidades finitas de almacenamiento, costos variables durante el periodo de simulación y diferenciación de tamaños y tipos de material reciclable.

5. REFERENCIAS.

- [1] CEAMSE, "Estudios de calidad de Residuos Sólidos Urbanos Dispuestos (RSU) por año," 2019. [Online]. Available: <https://www.ceamse.gov.ar/estadisticas/>. [Accessed: 01-Aug-2019].
- [2] Banco Mundial, "Diagnóstico de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Argentina. Recopilación, generación y análisis de datos – Recolección, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final de Residuos Sólidos Urbanos.," 2015.
- [3] OECD, "Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade," 2018.
- [4] D. Lavee, "A cost-benefit analysis of a deposit-refund program for beverage containers in Israel," *Waste Manag.*, vol. 30, no. 2, pp. 338–345, 2010.
- [5] D. Hogg *et al.*, "Options and Feasibility of a European Refund System for Metal Beverage Cans. Final report," *Eunomia Res. Consult. Ltd*, no. November, p. 108, 2011.
- [6] J. W. Forrester, "Industrial Dynamics," *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 48, no. 10, pp. 1037–1041, 1997.
- [7] D. Numata, "Policy mix in deposit-refund systems - From schemes in Finland and Norway," *Waste Manag.*, vol. 52, pp. 1–2, 2016.
- [8] V. Linderhof, F. H. Oosterhuis, P. J. H. van Beukering, and H. Bartelings, "Effectiveness of deposit-refund systems for household waste in the Netherlands: Applying a partial equilibrium model," *J. Environ. Manage.*, vol. 232, no. January 2018, pp. 842–850, 2019.
- [9] D. Numata, "Economic analysis of deposit-refund systems with measures for mitigating negative impacts on suppliers," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 53, no. 4, pp. 199–207, 2009.
- [10] B. Jeng, J. X. Chen, and T. P. Liang, "Applying data mining to learn system dynamics in a biological model," *Expert Syst. Appl.*, vol. 30, no. 1, pp. 50–58, 2006.
- [11] INDEC, "Informes Técnicos," 2019. [Online]. Available: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-InformesTecnicos>. [Accessed: 01-Sep-2019].
- [12] Subsecretaría de Bienestar Ciudadano, "No Title," 2019. [Online]. Available: <https://www.buenosaires.gob.ar/vicejefatura/institucional-subsecretaria-de-bienestar-ciudadano>.
- [13] K. M. Keramitsoglou and K. P. Tsagarakis, "Resources , Conservation and Recycling Public participation in designing a recycling scheme towards maximum public acceptance," *Resources, Conserv. Recycl.*, vol. 70, pp. 55–67, 2013.

Determinación de un Modelo Estándar de Proceso para el aprovechamiento de los Residuos Avícolas en el área del Gran Córdoba

Moreno, Valeria Karina; Coggiola, Mauricio; Jara, Nicolás; Pereyra, Martina; Rodrigo, Denis*

** Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
Maestro M. López esq. Cruz Roja, Córdoba. valeriakmoreno@gmail.com*

RESUMEN.

A través del presente proyecto se pretende evaluar la biomasa residual proveniente de la industria avícola, teniendo como zona de estudio el área comprendida por el Gran Córdoba (área que incluye Ciudad de Córdoba y aproximadamente una zona aledaña de 50 km de radio). Se intenta determinar un aprovechamiento económico y sostenible, que permita mejorar el perfil productivo del sector, transformando la carga que generan estos residuos en un producto con valor agregado. La investigación busca determinar el empleo más eficiente derivado de la utilización de esa biomasa residual citada, contribuyendo a través de ello a desarrollar un sistema eficiente de reciclaje de los mismos. También realizará la definición de un Modelo Estándar de Proceso (MEP) que sirva como herramienta de evaluación.

Para ello, se plantea la siguiente hipótesis: El aprovechamiento de los residuos de la Industria Avícola a través de la realización de compostaje, resulta la alternativa más económica y ambientalmente sostenible a ser implementada, y puede contribuir a mejorar el perfil productor de dicho sector productivo. Para demostrar esta hipótesis, se analizarán diferentes alternativas de aprovechamiento, respetando la siguiente metodología.

En primera instancia se realizará una caracterización de la región geográfica a ser estudiada, empezando con una introducción sobre la situación mundial, en Argentina, y un análisis más detallado del Gran Córdoba. Luego se realizará un análisis de la biomasa proveniente de la industria avícola, determinando el tipo de biomasa disponible y la magnitud en la región de estudio. Una vez obtenidos estos datos, se realizará un análisis de posibilidades de utilización de sus residuos. Con los datos obtenidos, se realizará un análisis de los posibles aprovechamientos en relación a la realidad del área de estudio. Por último, se procederá a la elaboración de propuestas en base a los estudios realizados.

Palabras Claves: Biomasa, Residuo Avícola, Compostaje.

ABSTRACT

The main objective of the present project is to evaluate the residual biomass from the poultry industry in the area covered by Greater Cordoba. This area includes the City of Cordoba and approximately a surrounding area of 50 km radius. The main objective is to determine a sustainable use of the mentioned biomass, which allows improving the productive profile of the sector, transforming the economic and environmental issue generated by this waste into a product with added value. The research has the aim to determine the most efficient use derived from this residual biomass, which will contribute to developing an efficient recycling system. It is also an objective to define a Standard Process Model (SPM) which will be utilized as an evaluation tool.

The following hypothesis is proposed: The use of waste from the Poultry Industry through composting is the most economical and environmentally sustainable alternative to be implemented. Besides, it can contribute to improving the profile of the mentioned productive sector. To demonstrate this hypothesis, different alternatives will be analysed through the following methodology.

In the first instance, a characterization of the studied region will be carried out. The study will begin with an introduction to the world situation, followed by an analysis of the situation of the sector in Argentina. Then, a more detailed analysis of Greater Cordoba will be done. After that, a characterization of the biomass obtained from the poultry industry will be carried out. This will determine the available type of biomass in the region of study.

With the obtained data, an analysis of the possible uses of the local biomass will be carried out, concerning the reality of the studied area, in order to develop different proposals.

1. INTRODUCCIÓN

Gallinaza (Cama de Pollo) es el residuo orgánico más representativo que generan las explotaciones avícolas tanto por su volumen como por sus características. Es la mezcla entre cama (viruta) y deposiciones sólidas y líquidas de los animales (guano), y sus propiedades como abono orgánico son reconocidas por la comunidad agrícola. El manejo y los diferentes procesos a que son sometidas las excretas aviares, son alternativas no sólo para mitigar los impactos negativos ambientales, sino que convierten la gallinaza en un subproducto con un alto valor agregado para el productor [1].

A nivel mundial, la gallinaza se ha aplicado durante siglos a las tierras para aumentar la producción de cultivos. Si se gestiona de manera adecuada, esta es una opción efectiva y beneficiosa. El compostaje es un proceso biológico aerobio natural de descomposición de la materia orgánica, que representa un método práctico y económicamente viable para la estabilización de la gallinaza antes de su aplicación sobre el terreno [1]. En Argentina, el INTA Crespo trabaja en el manejo y secado del guano de las gallinas, para su uso como fertilizante. Entre Ríos lidera la producción avícola nacional. Esta intensificación en la producción deriva en el aumento y la concentración de los efluentes. En este sentido, técnicos del INTA Crespo trabajan en el manejo integral y disposición final de los efluentes de las gallinas, para su utilización como fertilizante [3].

La investigación científica ha documentado que los nutrientes y la energía procedentes de los subproductos de residuos avícolas, incluida la gallinaza, pueden reciclarse de forma segura como un componente de la dieta del ganado y las aves de corral una vez que se neutralizan los agentes patógenos [2].

La gallinaza contiene materia orgánica que puede convertirse en bioenergía gracias a determinadas tecnologías de procesado. Uno de los métodos más comunes para el manejo de los excrementos avícolas mediante limpieza con agua es la digestión anaerobia, que produce biogás, una mezcla de gases con diferentes concentraciones de metano combustible. El biogás puede ser utilizado como fuente de energía en las explotaciones agrícolas para la calefacción o como combustible para los diversos motores que generan electricidad. La gallinaza seca puede ser incinerada en hornos pequeños para la producción de calor en las explotaciones agrícolas o ser transportada a centros donde se queman a gran escala para la generación de electricidad. En ambos casos, la cantidad de energía producida depende de la eficiencia de los equipos utilizados y del contenido de humedad de la gallinaza quemada [2].

1.1. Hipótesis del Proyecto.

El aprovechamiento de los residuos de la Industria Avícola a través de la realización de compostaje, resulta la alternativa más económica y ambientalmente sostenible a ser implementada, y puede contribuir a mejorar el perfil productor de dicho sector productivo.

1.2. Objetivo General.

Evaluar la alternativa más económica y ambientalmente sostenible del aprovechamiento de los residuos de la industria avícola, generando a partir de ello un Modelo Estándar de Proceso aplicable a las industrias de este sector.

1.2.1 Objetivos Particulares.

1. Evaluar la biomasa residual proveniente de la industria avícola, teniendo como zona de estudio el Gran Córdoba.
2. Analizar los grandes campos de aprovechamiento de los residuos, desde el punto de vista económico y ambiental, para determinar el aprovechamiento que resulte más conveniente tanto sostenible como económicamente: Producción de FERTILIZANTES, Generación ENERGÉTICA, Producción de ALIMENTO para animales.
3. Con los resultados obtenidos, definir un Modelo Estándar de Proceso (MEP), que pueda ser aplicado en general en este tipo de industrias, y que busca determinar el empleo más eficiente derivado de la utilización de esa biomasa residual citada.

2. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos la metodología que se llevará a cabo, está basada en el análisis detallado de la biomasa proveniente de los residuos de la industria avícola de la provincia de Córdoba, con el correspondiente análisis de los datos obtenidos, y la elaboración de propuestas para el aprovechamiento de los mismos. Se pretende llevar a cabo la siguiente metodología.

2.1. Etapa 1

En primera instancia se realizará una caracterización de la región geográfica a ser estudiada, empezando con una breve introducción sobre la situación avícola en el mundo, en Argentina, y luego un análisis más detallado del Gran Córdoba.

La caracterización se realizará a través de análisis bibliográfico, y/o estudios de campo, y a partir de ello, se realizará un análisis de la biomasa proveniente de la industria avícola, determinando el tipo de biomasa que se puede obtener y la magnitud en la región de estudio.

2.2. Etapa 2

Se analizarán los grandes CAMPOS de aprovechamiento de los residuos, desde el punto de vista económico y ambiental, para determinar la alternativa que resulte más conveniente.

- CAMPO 1. Producción de FERTILIZANTES.
- CAMPO 2. Generación ENERGÉTICA.
- CAMPO 3. Producción de ALIMENTO para animales.

2.3. Etapa 3

A partir de los resultados obtenidos, se realizará una comparación entre las alternativas planteadas teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- MAGNITUD DE RESIDUOS: La disponibilidad será el primer condicionante de la selección.
- ECONÓMICO: Cual resulta más económico en cuanto a su aplicación y mantenimiento.
- AMBIENTAL: Cual resulta menos agresivo con el Medio Ambiente.
- TECNOLOGÍA DISPONIBLE: Qué tecnología se encuentra disponible en el país.

En base a la comparación realizada, se seleccionará la alternativa más conveniente, y se definirá un Modelo Estándar de Proceso (MEP), que pueda ser aplicado en la industria avícola, el cual tendrá el siguiente esquema general:

- INPUTS: Comprendidos por los residuos que finalmente se utilizarán.
- PROCESO: El proceso seleccionado como el más conveniente.
- RESULTADO: La mejor opción entre: Energía, Fertilizantes, Alimento para Ganado.

3. RESULTADOS PARCIALES.

3.1. Caracterización de la Región Geográfica.

3.1.1. Situación de la industria avícola a nivel mundial

Para entender el fin de la investigación y guiar los objetivos, es necesario encontrar las causas y necesidades que amparan el estudio. Primero es necesario saber cuál es el contexto actual acerca del sector productivo al cual destinamos la práctica de nuestra actividad en el mundo y luego situarlo en Argentina debido al carácter regional de nuestro estudio.

Es necesario estudiar el huevo como producto debido a que nuestra investigación se basa en el excremento producido solo por las gallinas ponedoras.

3.1.1.1. Producción

La FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) ha publicado un informe sobre la producción y el consumo de huevo en el mundo arrojando los siguientes datos [4].

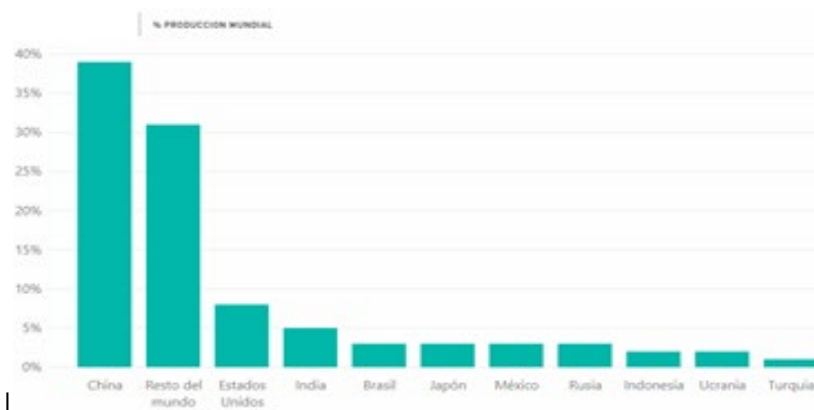


Figura 1 Producción de huevos a Nivel Mundial

El 70% de la producción mundial de huevos, según datos del año 2013, la realizan los siguientes países: China con un 39%, Estados Unidos con un 8%, la India con un 5%, Brasil, México, Japón y Rusia con un 3%, Ucrania e Indonesia con un 2% y finalmente Turquía con un 1%. Un impresionante 39% de la producción mundial de huevo se da en China. América Latina produce casi el 11% de los huevos del mundo y alrededor de un tercio de la producción de esta zona se da en México. Argentina y Colombia también se encuentran dentro de los 25 primeros mercados mundiales [4].

Es interesante estudiar el cambio desde el 2000 hasta el 2009 en estos mercados. Tanto México como Brasil tuvieron un crecimiento de un tercio (33% y 32%, respectivamente). El mayor volumen de crecimiento se vio en los dos productores más grandes: China, con cuatro millones de toneladas y los EUA, con un millón de toneladas. La UE es el único mercado que no vio crecimiento con la salida de Alemania de los diez primeros puestos y el estancamiento de la producción en Francia [4].

El crecimiento en América Latina entre 2000 y 2009 fue de casi 2 millones de toneladas, un total del 40 por ciento. Supone casi el doble del crecimiento de EUA durante el mismo período y casi la mitad del crecimiento en China. El incremento de la producción en México y Brasil representó alrededor del 50% del crecimiento latinoamericano. Otro mercado que ha experimentado un crecimiento importante es Argentina, donde la producción casi se duplicó. Colombia, Perú, Paraguay, Guatemala, la República Dominicana, Bolivia y Panamá crecieron alrededor del 50% en todos los casos [4]. Estas cifras demuestran el compromiso de la industria latinoamericana en un esfuerzo para invertir en producir huevos y productos derivados del mismo más eficientemente, así como cumplir con las demandas crecientes para el consumo local.

3.1.1.2. Consumo

Según un estudio realizado por la Comisión Internacional del Huevo, la producción de este alimento irá en aumento debido a que ofrece a los consumidores la fuente de proteínas con menor impacto medioambiental. La evolución en el consumo de huevo nos lleva directamente a pensar que se requieren más gallinas para cubrir la demanda. En promedio, en Argentina, una gallina pone huevos a una tasa de 0,75u/día (dato de campo) y esto no puede modificarse significativamente por lo que el resultado es aumentar la cantidad de gallinas. Con lo consiguiente no sólo aumenta la cantidad de recursos puestos en juego como la electricidad, agua y gas sino también los residuos que se generan [4].

En este punto es donde cobra valor nuestro trabajo: encontrarles un sentido productivo a dichos excrementos con la principal función de volver al ciclo productivo rural ya sea como abono, como alimento o como energía.

3.1.2. Situación De La Industria Avícola En La República Argentina

3.1.2.1. Consumo

De acuerdo a los datos aportados por la Cámara Argentina de Productores Avícolas (CAPIA) en 2018 el consumo de huevos cayó un 3,4%, alcanzando los 270 huevos per cápita al año. Es una importante disminución teniendo en cuenta que el nivel de consumo de 2017 fue de 280 unidades per cápita. Así, nuestro país ocupa en la actualidad el 8° puesto como consumidor de huevos en el mundo, cuando en 2017 estuvo en el 5° lugar [5].

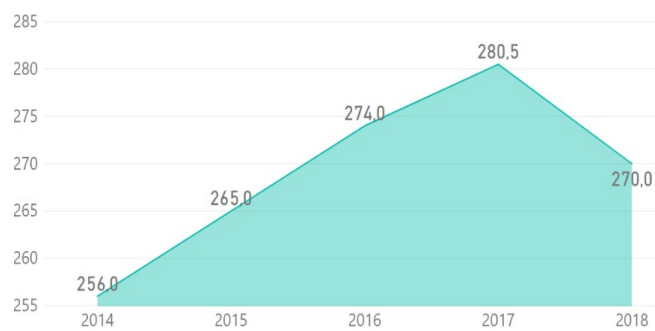


Figura 2 Consumo de huevos en la República Argentina

3.1.2.2. Producción

La producción a nivel nacional cayó en el 2018 debido a un incremento en los costos de producción y baja de consumo por incremento de precio. El 97% de la producción se destina para consumo interno mientras que el 3% es para exportación siendo Japón el principal mercado donde Argentina exporta, junto con Rusia, Chile, Cuba y Austria representan aproximadamente entre el 75% del total de exportaciones del país [5].

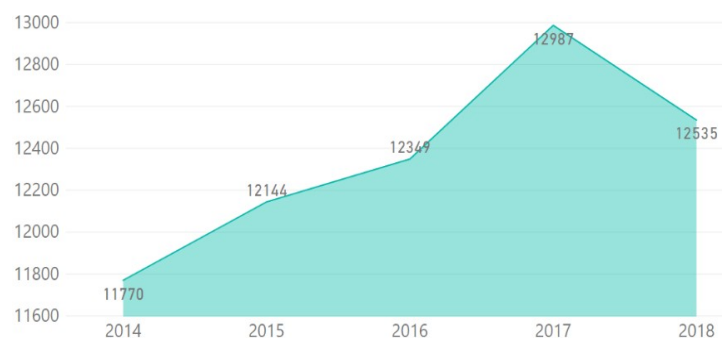


Figura 3 Producción de huevos en la República Argentina

La producción local se reparte en alrededor de 1.000 granjas, las cuales se concentran principalmente en la provincia de Buenos Aires, donde operan el 40% de ellas. Para la avicultura de postura las granjas automáticas son un camino a profundizar: este tipo de instalaciones alcanza actualmente a poco más del **50% de la producción** de huevos argentinos [6].

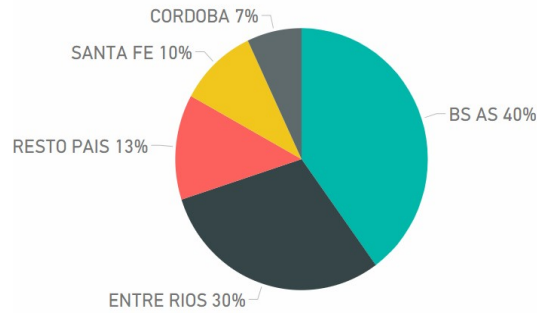


Figura 4 Distribución de la Producción de huevos en la República Argentina

3.1.2.3. Granjas

En ese total de granjas, solo una de cada seis (16%) alberga más de 100.000 aves, considerándose granjas grandes. Además, se estima que el 37% son pequeñas, con entre 1.000 y 20.000 aves, según las cifras de CAPIA, quedando un total de 47% granjas medianas con aproximadamente 40.000 gallinas [5].

3.1.2.4. Gallinas

Existe en la Argentina una población promedio de 139 millones de aves industriales, de las cuales un 68,4% corresponde a pollos de engorde, un 30% a gallinas de postura, un 1,6% a reproductores [5].

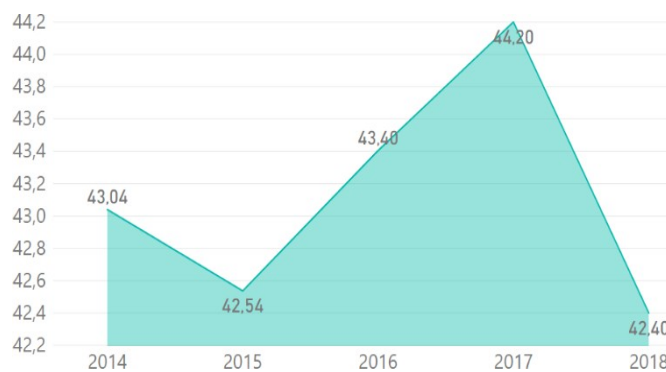


Figura 5 Cantidad de Gallinas de Postura en la República Argentina

3.1.3. Situación De La Industria Avícola En La Provincia De Córdoba

3.1.3.1. Granjas

En la provincia de Córdoba, se encuentra un total de 40 granjas registradas en la Cámara Avícola de Córdoba distribuidas a lo largo de la provincia, de las cuales el 65% cuenta con sistema de producción automático mientras el resto de menor cantidad de gallinas con sistema convencionales [5].

- Granjas grandes: 100 mil gallinas.
- Granjas medianas: 40 mil gallinas.
- Granjas pequeñas: menor de 20 mil gallinas.

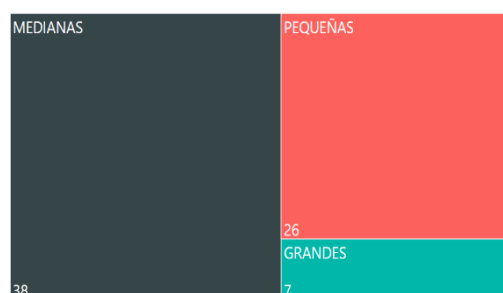


Figura 6 Distribución de Granjas en la Provincia de Córdoba

3.1.3.2. Mapa distribución geográfica de granjas

Los puntos amarillos representan granjas de gallinas ponedoras, como se puede apreciar no presentan un patrón de distribución, sino que se distribuyen uniformemente dentro de Córdoba [7].

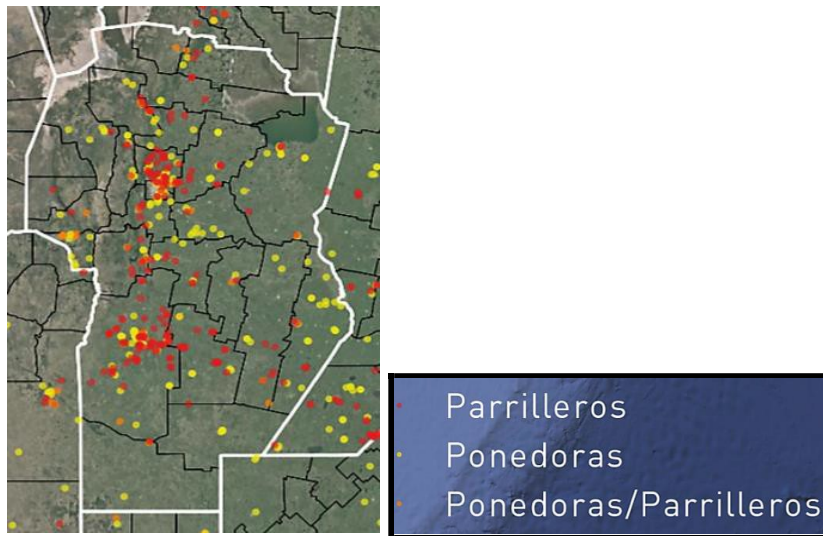


Figura 7 Mapa de Distribución de Granjas en la Provincia de Córdoba

3.1.3.3. Cantidad de gallinas en Córdoba

Esta distribución da un total de 2.7 millones de gallinas en la provincia clasificados de la siguiente manera [5]:

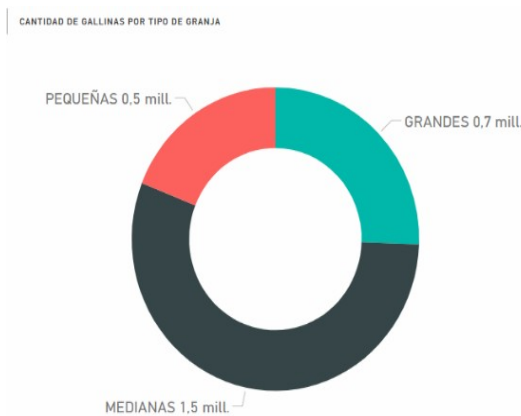


Figura 8 Cantidad de Gallinas por tipo de Granja en la Provincia de Córdoba

3.1.3.4. Gallinazo por tipo de granja

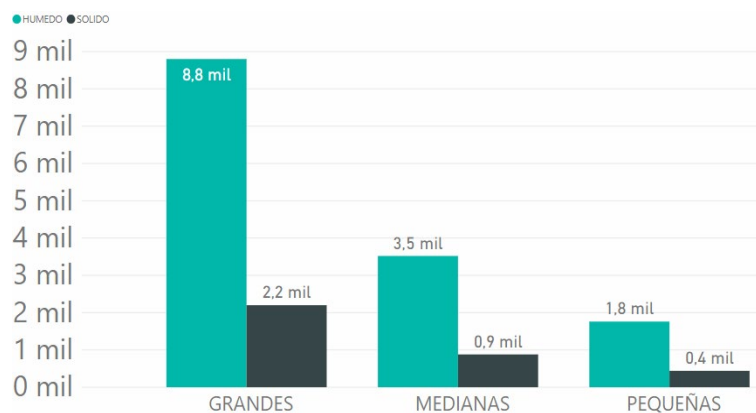


Figura 9 Gallinazo por tipo de Granja en la Provincia de Córdoba

Como se observa en el gráfico se genera una gran cantidad diaria de guano, tanto en toneladas como en volumen resultando una problemática tanto ambiental como para los productores [5].

3.2. Caracterización de la Biomasa Avícola en la Provincia.

3.2.1. Identificación de los Emprendimientos

Las instalaciones en los emprendimientos avícolas pueden ser de diferentes niveles de tecnificación, desde la producción artesanal a la industrial totalmente automatizada. Los siguientes son, de manera general, los diferentes procesos productivos del rubro avícola [2].

- Granjas de reproductoras: suministran el material para reemplazo de las gallinas ponedoras y de pollos para la producción de carne. En este tipo de granjas, podemos hallar dos tipos de residuos: cama o pollinaza y cadáveres.
- Planta de incubación: el proceso consiste en incubar los huevos provenientes de las granjas reproductoras. En este caso, los residuos que se generan son: cáscaras de huevos y cadáveres.
- Granjas de Engorde: aquí se reciben pollos de un día de vida y se engordan hasta los cuarenta y cinco días o más, hasta alcanzar el peso de mercado; luego se envían a faena. Los residuos de estas granjas son la cama y los cadáveres.
- Granjas de postura comercial: se dedican a la crianza de aves para la producción de huevos. Los residuos generados en este tipo de granjas son: efluentes líquidos de la limpieza de los galpones de crianza, guano de la etapa de producción, cáscaras de huevos y cadáveres provenientes de todo el proceso productivo.

3.2.1.1. Selección del Emprendimiento

Actualmente, en el Gran Córdoba (Ciudad de Córdoba y aproximadamente una zona aledaña de 50 km de radio), se encuentra un total de 40 granjas de postura comercial registradas en la Cámara Avícola de Córdoba, de las cuales el 40% cuenta con un sistema de producción automático mientras que el resto utiliza sistemas convencionales. Enfocaremos nuestro estudio en las granjas de postura comercial automáticas en las cuales la recolección de la gallinaza es más sencilla al recogerse en forma pura y en consecuencia el residuo es más fácil de tratar [2] [5] [8].

Existen diferentes razones que justifican la selección de este tipo de emprendimiento. Por un lado, la tendencia constante de crecimiento que refleja este negocio año a año, por otro lado, encontramos que existe una necesidad insatisfecha por parte de los productores en el manejo eficiente de este "residuo" el cual significa actualmente un costo en su proceso productivo y a su vez observamos que esta necesidad coexiste con una oportunidad de negocio si a este residuo se le agrega valor y es tratado adecuadamente. Finalmente, y no menos importante, existe una necesidad medioambiental para el tratamiento de la gallinaza ya que sin la aplicación de un tratamiento apropiado es causante de contaminación en suelos y aguas, además de olores desagradables, alta concentración de gases, proliferación de vectores y microorganismos patógenos [2] [5] [8].

3.2.1.2. Identificación del Residuo y de la Problemática

Los tipos de residuos que se generan en la industria avícola son [2] [9]:

- Guano: en gallinas de postura, el guano es el excremento puro con una mezcla de deyecciones, a las que se unen la porción no digerible de los alimentos, las células de descamaciones de la mucosa del aparato digestivo, microorganismos de la flora intestinal, diversas sales minerales, plumas y restos de huevos rotos.
- Cama de pollo (Gallinaza): en el caso de aves de producción a piso, la cama se define como la acumulación del guano mencionado anteriormente sobre un material absorbente como la cáscara de arroz o la de girasol, o bien la viruta de madera.
- Animales muertos: cadáveres de aves resultantes de mortandad de rutina o catastrófica, o bien de sacrificio sanitario.
- Residuos varios: efluentes de faena, envases de productos veterinarios, plumas, cáscaras de huevos y residuos líquidos de la limpieza de galpones.

Estos residuos tienen graves dificultades como [2] [8] [9]:

- Si se encuentran relativamente cerca de algún núcleo poblacional y como consecuencia la polución de suelos y aguas, el polvo y el mal olor, pueden conllevar a graves problemas de salud pública.
- Las condiciones sanitarias desbordadas dentro de las granjas.
- Malas condiciones comerciales la utilización como insumo de terceros de estos residuos.
- Uso de mano de obra y recursos para actividades logísticas y de acarreo de los residuos que no agrega valor.
- Mayor exigencia de la comunidades y sector social vecino a las explotaciones de las granjas.

Desde el punto de vista de este proyecto de investigación nos centraremos en el Guano donde los sistemas intensivos de producción avícola pueden crear enormes problemas de polución, debido a las grandes cantidades de sustancias contaminantes (nitrógeno, fósforo y azufre) que se producen. Además, originan grandes volúmenes de estiércol que se depositan en el suelo y, como resultado, éste y el agua se contaminan.

En las granjas de gallinas ponedoras este es el residuo de mayor volumen y que generan los mayores inconvenientes para los productos desde el punto de vista ambiental, logístico y de mano

de obra y no se agrega ni produce ningún valor agregado. Es un problema para las granjas, ya que la legislación delimita el accionar del productor en lo que refiere al tratamiento del guano. Le dice que no puede retirar el guano de su establecimiento sin tratarlo (si no se lo convierte en compost para evitar un posible traslado de gérmenes o enfermedades), no puede tampoco acumularlo en cualquier lugar dentro del mismo y además en la ley también se habla de habilitaciones pertinentes para este tipo de explotaciones que dependen del lugar donde se encuentra [2] [5] [8].

Por esta razón es que por la caracterización de Córdoba en cuanto a los tipos de granjas que se encuentran en la Provincia este sería el principal inconveniente a tratar. Si analizamos por ejemplo a las granjas consideradas grandes que poseen un volumen de gallinas que supera las 100.000, esta generaría una cantidad de guano equivalente a **8.800 kg** por día [2] [5] [8].

3.3. Caracterización de los Aprovechamientos.

3.3.1 Producción de Fertilizantes

El uso de guano como abono es la opción más viable para su empleo, tanto porque constituye una forma de reciclaje natural que contribuye e incrementa la producción de los cultivos y la recuperación de suelos altamente degradados como por su bajo costo. La utilidad del guano proviene de su aporte al suelo de materia orgánica ya que aumenta su capacidad de retención de agua y es una fuente rica en elementos nutritivos para las plantas. Pero el uso de guano fresco puede producir efectos adversos al suelo y plantas, por ello se recomienda su procesamiento [10].

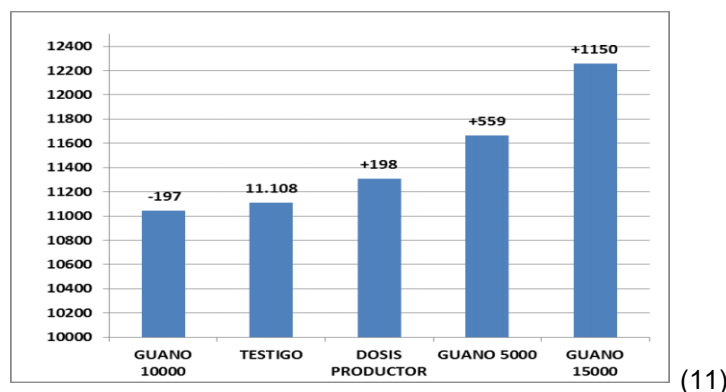
Se evaluó el efecto que produce sobre el rendimiento de maíz y el suelo a través del tiempo la aplicación de guano crudo y compost en diferentes dosis de enmiendas previo a la siembra del cultivo de ésta gramínea. El ensayo se llevó a cabo en la campaña 2015-2016 en un establecimiento agropecuario ubicado a 3 km al sur de la localidad de Monte Buey, Córdoba. Se establecieron ocho tratamientos, tres dosis de guano crudo, tres de compost, un testigo absoluto y por último se consideró una franja con la TUA (tecnología de uso actual del productor) que se la denominó DOSIS PRODUCTOR. Los tratamientos se muestran en el cuadro [10].

TRATAMIENTOS	DOSIS
T0	Sin efluente y sin fertilizante
C1	4000 kg/ha de compost
C2	8000 kg/ha de compost
C3	12000 kg/ha de compost
G1	5000 kg/ha de guano
G2	10000 kg/ha de guano
G3	15000 kg/ha de guano
Dosis productor	Dosis fertilizante sintético

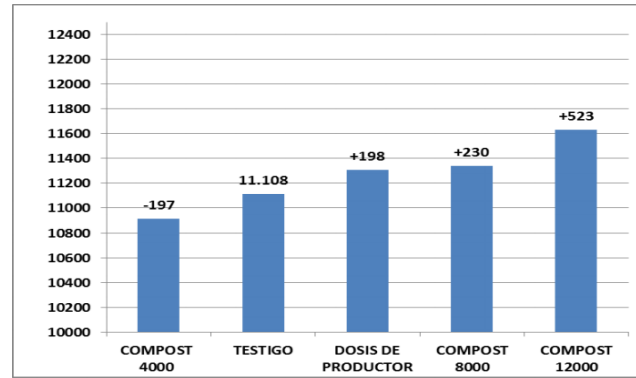
Figura 10 Dosis de los distintos tratamientos realizados

Para evaluar la composición química del guano crudo y del compost se realizó un muestreo del material utilizado. Dichas muestras se enviaron al laboratorio de análisis químicos de la Cámara arbitral de cereales de la provincia de Entre Ríos [10].

Se puede observar en los gráficos que el tratamiento que recibió la dosis de 15000 kg/ha de guano reflejó diferencias significativas (p-valor <0.10) en rendimiento con respecto a los demás tratamientos. Es importante destacar que el tratamiento dosis productor tuvo un comportamiento medio dentro de la evaluación y se vio superado por las dosis de 8000 y 12000 kg/ha de compost y 5000 y 15000 kg/ha de guano [10].



(11)



(12)

Figuras 11 y 12 Diferencial de rendimiento de maíz expresado en kg/ha comparado con el testigo absoluto en función de los diferentes tratamientos de guano (11) y compost (12).

Para lograr que el guano se convierta en un subproducto de alta calidad para el productor se deben aplicar las siguientes prácticas [2] [5] [10]:

- Evitar que se presenten altas humedades dentro del galpón (Causante de la producción de las altas concentraciones de gases y pérdida de elementos). El manejo de la reducción de humedades se logra con una buena ventilación de las instalaciones, evitar fugas de agua de las tuberías de los equipos de bebida y una rápida recolección de heces frescas.
- Una vez recolectado, tener un lugar para su disposición (secaderos) que sea cubierto para evitar el contacto con el agua lluvia y almacenarla en forma de pirámide, con el fin de lograr un escurrido de la humedad que ésta presente. Se pueden emplear productos que eviten la humedad y que reduzcan la producción de gases y olores.

3.3.2. Generación de Energía

Dentro de la búsqueda de nuevas fuentes de energía, se ha encontrado que la industria avícola que es un negocio a escala mundial en la actualidad, es la mayor generadora de excreta de gallina, la cual es una fuente de biomasa con un alto poder energético que se está desaprovechando en gran parte del mundo [9].

Un sistema de generación de energía eléctrica por biomasa a partir de excremento de gallina producido en las avícolas, reduciría en un alto porcentaje la contaminación ambiental existente y brindaría la posibilidad de mejorar la economía de las avícolas, ya que permitiría generar biogás el cual se puede usar para los sistemas de calefacción usados en la avícola o para generar energía eléctrica y realizar así un proceso de autoabastecimiento, disminuyendo costos operativos [9].

3.3.2.1. Tecnología

Se debe contar con un biodigestor donde se genera el proceso anaeróbico, es decir, un proceso libre de oxígeno para que bacterias metanogénicas fermentan la biomasa y de esta manera se genere biogás. Además, se debe contar con un depósito donde se almacena todos los lodos residuales del proceso [9].

Finalmente, la planta para obtener biogás a partir de biomasa debe poseer una disposición, es decir, un sistema que aproveche la energía que puede ser liberada del biogás, en este trabajo, la generación de electricidad [9].

3.3.2.2. Problemas

La alimentación del sistema debe ser uniforme, balanceada y constante, ya que las bacterias que originan biogás son sensibles al método de carga, al tipo de biomasa, el nivel de PH y a la relación carbono nitrógeno de la biomasa, y al no cuidar la alimentación del sistema estas variables pueden disminuir o parar la producción de biogás. El biogás posee un bajo poder calorífico comparado al de la gasolina, el diésel y el gas natural, pero cuando se mezcla con aire para conformar el cuerpo de trabajo de un proceso de combustión, el poder calorífico de este se convierte en una alternativa [9].

3.3.2.3. Determinación de viabilidad de esta Alternativa

Si bien la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica por biomasa a partir de excremento de gallina tiene muchos puntos a favor en base a disminuir la contaminación ambiental y dar una solución al problema del guano de gallina producido en las granjas, se descarta este aprovechamiento debido a que los costos de inversión son demasiado altos, ya que se requiere de instalaciones específicas para los volúmenes a tratar y además del equipamiento para hacer uso del aprovechamiento energético y la operativa de los biodigestores requiere de mucha atención y de recursos humanos dedicados exclusivamente al funcionamiento del mismo, por lo que solo sería aplicable a las grandes granjas que puedan afrontar esta inversión y debido a la coyuntura del país, hoy no es una opción viable [2] [5] [8] [9].

3.3.3. Producción de Alimento para Animales

Una de las alternativas en nuestro proyecto de investigación es el de la utilización del guano como alimentación de animales. Para el siguiente análisis es importante diferenciar el guano de la gallinaza, ya que sus composiciones químicas son bien diferenciadas.

El guano se considera únicamente a las excretas de las aves, mientras que la gallinaza contiene las excretas mezclada con el material que se utiliza como cama para las mismas, como aserrín o pajas. Ambos presentan un contenido alto de proteínas como también una cantidad aceptable de energía y materiales, en la siguiente tabla se puede apreciar lo mencionado [11]:

Tabla 1 *Composición Química Gallinaza y Guano*

Nutriente	Gallinaza	Guano
Materia seca %	84.7	89.6
Proteína cruda %	31.3	28
Proteína verdadera %	16.7	11.3
Proteína digestible %	23.3	14.4
Fibra cruda %	16.8	12.7
Grasa cruda %	3.3	2
Elementos libres de nitrógeno %	29.5	28.7
Cenizas %	15	28
Total de nutrientes digestibles %	72.5	52
Energía digestible kcal/kg	2440	1911
Calcio%	2.37	8.8
Fosforo%	1.8	2.5
Magnesio %	0.44	0.67
Manganeso mg/kg	225	406
Sodio %	0.54	0.94
Potasio %	1.7	2.33
Cobre mg/kg	98	150
Zinc mg/kg	235	463

Tal como se puede apreciar en la tabla ambas presentan un gran valor nutricional, aunque la gallinaza ofrece mayores prestaciones respecto del guano. Tanto el guano como la gallinaza pueden ser incluidas como suplemento en la alimentación de los rumiantes obteniendo buenos resultados permitiendo gracias a su aporte proteico, mejorando la rentabilidad de la producción al disminuir los costos de la alimentación, sin embargo, presentan ciertas restricciones.

3.3.3.1. Restricciones de su uso

La gallinaza contiene cantidades elevadas de cobre, producto del uso del sulfato de cobre como promotor de crecimiento de los pollos. Este elemento en cantidades elevadas es tóxico, en especial en ovinos, animales que son muy susceptibles a la toxicidad con cobre, ya que se acumula en el hígado y cuando alcanza niveles altos, se presentan signos clínicos de envenenamiento [11].

El guano puede ser utilizado también, aunque su valor nutricional es inferior y, además, propicia que los animales que son alimentados con ella presenten reacciones positivas a la prueba de tuberculina sin estar enfermos de tuberculosis. Esto se debe a una reacción cruzada atribuida a *Microbacterium Avium*, generalmente presente en el guano [2] [11].

3.3.3.2. Determinación de viabilidad de esta Alternativa

A lo largo de nuestro proyecto de investigación hemos determinado que el sistema de producción que se utiliza en Córdoba es el automático y que es tendencia hacia el futuro por lo que nuestro producto a tratar es el guano y no la gallinaza [2] [5] [8].

Como se observó anteriormente el guano presenta mayores restricciones que la gallinaza, para ser utilizado se debe incurrir en análisis para determinar su composición química y además en procesos tales como tratamientos físicos o químicos, como el secado, hidrolizado, peletizado y ensilado para de este modo, poder eliminar los problemas bacterianos que incurren en los animales al incorporar el guano como suplemento es su dieta [2] [11].

Esto genera un alto costo que el productor debería afrontar para llevar a cabo dicha alternativa, es por esto que arribamos a la inviabilidad de la misma.

4. CONCLUSIONES.

Al inicio de la investigación, se planteó el uso de la Gallinaza (cama de pollo) como el principal residuo a ser analizado para la elaboración de un modelo estándar de proceso (MEP) para el reciclado de la biomasa en la industria avícola en la provincia de Córdoba.

Sin embargo, luego del análisis realizado a nivel geográfico, con el fin de caracterizar la región de estudio, se determinó que el principal residuo encontrado en el área del gran Córdoba es el Guano. Esto es debido a que la principal actividad avícola en la región objeto de estudio es la de Granjas de postura comercial, las cuales se dedican a la crianza de aves para la producción de huevos. En este tipo de emprendimiento, la mayoría de las granjas son de tipo automáticas, donde el guano es el principal residuo. Además, la tendencia de producción indica que este porcentaje se irá incrementando en los próximos años. Esta es la razón principal por la cual nuestro producto a tratar será el guano y no la gallinaza.

Teniendo en cuenta este residuo y las características regionales del Gran Córdoba, la mayor viabilidad de utilización de estos residuos se encuentra entre los siguientes aprovechamientos: Generación de energía a través de la instalación de biodigestores y Producción de fertilizantes naturales (compost) a través del proceso de compostaje.

La tercera opción, implicaba el uso de los residuos como alimento para animales. Sin embargo, como se observó anteriormente el guano presenta mayores restricciones que la gallinaza, y para ser utilizado se debe incurrir en análisis para determinar su composición química. Además, se deben realizar procesos tales como tratamientos físicos o químicos, como el secado, hidrolizado, peletizado y ensilado para de este modo, poder eliminar los problemas bacterianos que incurren en los animales al incorporar el guano como suplemento a su dieta. Esto genera un alto costo que el productor debería afrontar para llevar a cabo dicha alternativa, es por esto que arribamos a la inviabilidad de la misma.

Enfocándonos en las dos alternativas restantes, debido a que uno de los objetivos es plantear un modelo que pueda ser adaptado a industrias de distinto tamaño, y teniendo en cuenta que el impacto económico debe ser el menor posible, sobre todo para los pequeños productores, se tomó la decisión de escoger la producción de compost como opción elegida para profundizar en el estudio. Esto se debe a que, si bien la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica por biomasa a partir de excremento de gallina tiene muchos puntos a favor en base a disminuir la contaminación ambiental y dar una solución al problema del guano de gallina producido en las granjas, los costos de inversión son demasiado altos, ya que se requiere de instalaciones específicas para los volúmenes a tratar y además del equipamiento para hacer uso del aprovechamiento energético y la operativa de los biodigestores requiere de mucha atención y de recursos humanos dedicados exclusivamente al funcionamiento del mismo, por lo que solo sería aplicable a las grandes granjas que puedan afrontar esta inversión y debido a la coyuntura del país, hoy no es una opción viable.

Finalmente, en cuanto a la producción de compost, el método exige diseño, planificación y manejo, pero es flexible en cuanto al área de trabajo y no requiere gran inversión en infraestructura y capacitación.

5. REFERENCIAS.

- [1] WILLIAMS, Charles Michael (2010). “*Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo*”. North Carolina State University, Department of Poultry Science, Raleigh, NC, Estados Unidos de América. Disponible en: <http://www.fao.org/3/al715s/al715s00.pdf>
- [2] LEONARDI, Emiliano (2013). “*Mejores técnicas disponibles en la gestión ambiental de residuos de la producción intensiva de aves*”. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa), Argentina. Disponible en: http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/2_aves_sns.pdf
- [3] STAMATTI, Guillermo Miguel (2014). “*El desafío de reutilizar los desechos avícolas*”. INTA Santa Fe, Argentina. Disponible en: <https://inta.gob.ar/noticias/el-desafio-de-reutilizar-los-desechos-avicolas>
- [4] OCDE/FAO (2013), “*OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022*”. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-es
- [5] Cámara Argentina de Productores Avícolas (CAPIA) (2019). “*Documentos*”. Argentina. Disponible en: <http://capia.com.ar/>
- [6] SONATTI, Facundo (2017), “*Producción del huevo en Argentina*”. MOTIVAR, Argentina. Disponible en: <https://www.motivar.com.ar/2017/04/produccion-del-huevo-en-argentina/>
- [7] Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) (2019), “*Granjas, Parrilleros y Ponedoras*”. Argentina. Disponible en: <https://nube.senasa.gob.ar/s/0ZuXoO1KcS6YyP>
- [8] MAISONAVE, Roberto; LAMELAS, Karina; MAIR, Gisela (2015), “*Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Cama de Pollo y Guano*”. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina. Disponible en:

- http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/otros/_archivos//151216_Buenas%20Practicas%20de%20Manejo%20y%20Utilizacion%20de%20Cama%20de%20Pollo%20y%20Guano%20de%20Gallina.pdf
- [9] AGUILAR GENES, Jorge Luis (2015), *“Estimación del potencial de energía eléctrica a partir de una unidad de volumen de excreta de gallina proveniente de granjas avícolas”*. Universidad del Valle, Facultad de ingeniería, Santiago de Cali, Colombia. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/10061/1/CB-0557814.pdf>
- [10] ALLADIO, Ricardo Matías; ERRASQUIN, Lisandro; SAAVEDRA, Alejandro; PAGNAN, Luis (2016), *“Efecto del aporte de nutrientes del guano y compost de gallinas ponedoras sobre el rendimiento del cultivo de maíz”*. INTA AER Justiniano Posse, Argentina. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_guano_jp16_0.pdf
- [11] OCHOA CORDERO, Manuel Antonio; URRUTIA MORALES, Jorge (2007), *“Uso de Pollinaza y Gallinaza en la alimentación de rumiantes”*. México. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/308/161.pdf>

Modelo de gestión para la evaluación, control y prevención de patologías en pavimentos urbanos

García, Adriana B.; Giménez, Lucas G.; Martínez, Graciela A.; Bianchetto, Hugo; Mazzeo, Juan P.; Palumbo, Demián; Tervidovicus, Martín O.; Calcagno, Ignacio; Vizcaino, Julián; Blanc, Paula*

**Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional. Departamento de Ingeniería Civil - Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Av. Ramón Franco 5050, (1870) Villa Domínico, Provincia de Buenos Aires. Dirección de correo electrónico abgarciafalcon@gmail.com*

RESUMEN

La gestión de obras públicas viales representa un factor crítico para el desarrollo productivo y humano, requiere conocer el estado de situación para llevar adelante su planificación y toma de decisiones. El campo de estudio del trabajo es la gestión de calidad de pavimentos urbanos y la implementación de prácticas de construcción sostenible. Se propone el diseño de un modelo de evaluación, control y prevención de patologías en pavimentos aplicable como herramienta de gestión y toma de decisiones relativas al mantenimiento en áreas públicas. El estudio se basa en el relevamiento de pavimentos del partido de Avellaneda que incluye: antecedentes históricos, zonificación, registro de lugares de interés comunitario, esquema de inspecciones con registro de fallas, relevamiento fotográfico, etc. Con ello se realiza un mapeo y catalogación de fallas que hacen a la vida útil de los pavimentos y su mantenimiento. A partir de estos resultados se diseña una matriz de priorización para la toma de decisiones e intervención que contempla la tecnología del hormigón y sus materiales componentes, diagnóstico de vida útil, aspectos sociales y ambientales del entorno e impacto en la comunidad. La investigación está a cargo del equipo Tecnologías Constructivas Biosostenibles perteneciente al Grupo Calidad en la Producción y los Servicios de la UTN-Facultad Regional Avellaneda. El propósito último es lograr la concientización de la importancia del mantenimiento predictivo por sobre el preventivo.

Palabras Claves: Gestión de Calidad; Gestión de Obras Públicas; Control de Pavimentos; Acciones Preventivas y Predictivas; Mantenimiento.

ABSTRACT

The management of public road works represents a critical factor for productive and human development, it requires knowing the status of the situation to carry out its planning and decision making. The field of study of work is the management of urban pavement quality and the implementation of sustainable construction practices. The design of a model for the evaluation, control and prevention of pathologies in pavements is proposed as a management and decision-making tool related to maintenance in public areas. The study is based on the survey of pavements of the Avellaneda party which includes: historical background, zoning, registration of places of community interest, inspection scheme with registration of failures, photographic survey, etc. This makes a mapping and cataloging of faults that make the life of the floors and their maintenance. Based on these results, a prioritization matrix is designed for decision-making and intervention that includes concrete technology and its component materials, diagnosis of useful life, social and environmental aspects of the environment and impact on the community. The research is carried out by the Biosafety Constructive Technologies team belonging to the Quality in Production and Services Group of the UTN-Avellaneda Regional Faculty. The ultimate purpose is to raise awareness of the importance of predictive maintenance over preventive.

1. INTRODUCCIÓN

La introducción del concepto de sostenibilidad en el diseño de las construcciones viales, es relativamente reciente.

La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en su Informe titulado «Nuestro futuro común» de 1987 [1] lo define como "el desarrollo sostenible es la satisfacción de «las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades». Se basa en tres aspectos fundamentales: desarrollo económico, desarrollo social y protección del medio ambiente.

La Norma ISO 15392 "Desarrollo sostenible en la construcción. Principios generales" identifica y establece los principios generales de sostenibilidad en la construcción.

Se basa en el concepto de desarrollo sostenible aplicado al ciclo de vida de las construcciones desde su concepción hasta el fin de su vida útil [2].

La demanda constante de infraestructura vial en nuestras ciudades está vinculado con el desarrollo socio económico de la comunidad en general, y por ende, exige la aplicación de metodologías de gestión que incluyan la valoración del perfil sustentable en las propuestas de desarrollo.

Sobre la base de los conceptos expresados anteriormente se encara el presente estudio adoptando como ejes centrales las prácticas sustentables en la ingeniería civil y el estudio del comportamiento de los pavimentos urbanos de hormigón.

Desde el punto de vista de la tecnología utilizada en el diseño de pavimentos rígidos tienen incidencia en la calidad final del material factores tales como los materiales componentes, sus características y las proporciones en que deben mezclarse, condiciones de entorno, lugar de emplazamiento, cargas y solicitudes a las cuales estará sometido, entre otras.

Todas esas previsiones de diseño determinan el tipo de pavimento a usar y los métodos constructivos más apropiados. Cuando las condiciones iniciales para las que se diseñó varían, el material puede ser afectado y con ello su vida útil proyectada.

Por otra parte, la inserción de la gestión de la calidad en el área de la construcción, y más recientemente la producción de material normativo en torno a la construcción sostenible, su aplicación en la gestión de ciudades y comunidades, la generación de indicadores, son avances orientados al desarrollo sostenible aplicados mundialmente, y que en nuestro país se encuentran en evolución y, por ende, deben ser consideradas en las áreas de gestión pública de infraestructura y planificación de obra.

En el trabajo se toman como caso las obras ejecutadas en el partido de Avellaneda (Figura 1. A. *Ubicación del Partido de Avellaneda en la Provincia de Buenos Aires*. B. *Detalles de zonas*.), donde se han desarrollado obras de infraestructura y mantenimiento, utilizando pavimentos de hormigón en algunos casos.

Se estudia el estado actual, las fallas y deterioros causados por las condiciones cambiantes en cuanto a diseño prestacional inicial, el medioambiente, deterioro de los materiales y estructuras en el tiempo, sistemas de mantenimiento aplicados, etc., que potencialmente alteran su vida útil.

A partir de la información relevada se diseña una matriz de catalogación, con la cual se construye un modelo que facilita la toma de decisiones en la gestión de planificación de organismos públicos vinculados a áreas de obras públicas, planificación e infraestructura.

En la matriz se incluyen aspectos relacionados con zonas o áreas urbanas, relevamiento y estado actual de los pavimentos, variación en las condiciones de uso, y otros factores que influyen en la durabilidad de dichos pavimentos, cotejando con información histórica.

Por otra parte, se integra al estudiante, deseoso de iniciarse en la investigación, aplicando las bases metodológicas de investigación-acción fortaleciendo su vinculación al desarrollo sostenible y la práctica profesional.

Se aplican para ello bases metodológicas de investigación-acción en la transmisión de conceptos, procedimientos, prácticas in-situ, experimentación y valores que colaboren en la formación del futuro profesional, alentando la práctica en investigación de nuestros estudiantes, fundadas en la responsabilidad social, tan necesaria para nuestro país.

El conjunto constituye un modelo de gestión preventiva y correctiva, aplicado a pavimentos del Partido de Avellaneda.



Figura 1. A. Ubicación del Partido de Avellaneda en la Provincia de Buenos Aires. B. Detalles de zonas. Fuente: Imagen extraída del sitio web oficial del municipio de Avellaneda.

2. ANTECEDENTES

Los pavimentos rígidos son una de las opciones más aplicadas, por su eficiencia y durabilidad, especialmente en las áreas de circulación más exigidas en servicio. Este tipo de pavimento genera un menor grado de impacto ambiental, considerando el ciclo de vida de la estructura o material más allá de la etapa de construcción. Sumado a ello, es necesario incluir en el análisis los aspectos que inciden en el entorno social y económico de la comunidad involucrada [3].

Los criterios de sostenibilidad para el análisis son los siguientes: ciclo de vida, durabilidad, eficiencia ambiental, seguridad en el tránsito, facilidad para su reciclado, contexto social y productivo.

Dentro del análisis del Ciclo de Vida (ACV) se incluyen los costos de extracción, fabricación, producción y transporte, mantenimiento durante la vida útil y disposición de residuos, de manera de lograr un subproducto no contaminante [4].

La inserción de la gestión de la calidad, en particular, aplicada a la construcción ha sido progresiva. La Norma IRAM 30100, es una guía de interpretación de la IRAM-ISO 9001 para la gestión de la calidad en la construcción, siendo su primera edición en el año 2002.

Además, se dispone del Reglamento CIRSOC 201, aprobado en 2012 en el que se contemplan aspectos de la tecnología relacionados con la resistencia y la durabilidad de las obras, con capítulos que hacen referencia a la implementación de normas de gestión de la calidad en las empresas proveedoras de hormigón y otras relacionadas con materiales componentes.

En cuanto a la normativa referida a la construcción sostenible, la Norma IRAM 11930:2016 establece los principios generales; la norma IRAM 11931: 2016 se refiere a la sostenibilidad en edificios y obras de ingeniería civil y contiene una guía de aplicación de principios generales y las normas IRAM 21929:2014 en su parte 1 define el marco para el desarrollo de indicadores en edificios [5] y la IRAM 21929-2:2018 define el marco para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad para obras de ingeniería civil [6].

La mirada de la sostenibilidad en las ciudades y comunidades se ha incluido en la Norma IRAM 37119:2019- "Desarrollo sostenible en las ciudades y las comunidades. Sistema de gestión para el desarrollo sostenible. Requisitos con orientación para su uso", la cual entró en vigencia recientemente.

El equipo de investigación Tecnologías Constructivas Biosostenibles desarrolla actividades en estas temáticas desde el año 2006 en el Departamento de Ingeniería Civil (Facultad Regional Avellaneda - Universidad Tecnológica Nacional).

En el año 2016 se inician los estudios para el desarrollo de un "Modelo de Evaluación, control y prevención de patologías en pavimentos urbanos del partido de Avellaneda, desde la perspectiva de la construcción sostenible" (Fase I), proyecto de investigación y desarrollo (PID) homologado por UTN, adoptando dos ejes centrales: las prácticas sustentables en la ingeniería y el correspondiente estudio del comportamiento del hormigón.

En 2019 se inicia la Fase II del proyecto indagando en particular, en la influencia de los agregados en la calidad del pavimento y su durabilidad en hormigones tradicionales y hormigones que utilizan en su composición agregados reciclados.

3. OBJETIVOS

Se propone diseñar e implementar un Modelo de evaluación, Control y Prevención de Patologías en Pavimentos Urbanos, desde la perspectiva de la construcción sostenible, como aporte para la planificación y gestión de pavimentos urbanos, en particular los pavimentos rígidos, aplicable al Partido de Avellaneda. Las actividades incluyen: La elaboración de una metodología específica fundada en pautas de investigación-acción para la formación de estudiantes técnicos y universitarios, en materia de estudio y mejora de desempeño de pavimentos urbanos.

El diseño de una guía de buenas prácticas basada en los conceptos de sostenibilidad para la detección y acción preventiva de las patologías presentes (fallas, su tipología, grado de riesgo, factibilidad de reparación), que incluye la elaboración de un catálogo.

Con la información recabada se construye una matriz de evaluación e intervención estratégica basada en los aspectos técnicos mencionados, considerando el grado de relevancia de su funcionalidad en servicio para la comunidad y su medio de productivo.

El propósito final es crear conciencia y propender la inclusión de pautas que contemplen los conceptos de construcción sostenible en el diseño de futuros pavimentos.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1. El hormigón como material base.

El hormigón es un material que requiere un mínimo de intervención en el mantenimiento y su reparación cuando se implementan técnicas de control sistemáticas de carácter preventivo, incidiendo estas acciones en su durabilidad. Una de las principales ventajas que ofrece el pavimento de hormigón es su rigidez, siendo capaz de distribuir la carga a una superficie mayor: principal ventaja a la hora de aplicar este material en arterias de alto y pesado tránsito. Su color claro, que brinda una mayor reflexión de la luz solar, reduce la temperatura media del ambiente y además, reduce los gastos de mantenimiento y los costos en cuanto al alumbrado urbano.

En este tipo de pavimentos, no se produce el ahuellamiento por cargas excesivas ni sufre por el frenado y aceleración de los vehículos, lo cual redundaría en una mayor durabilidad.

El aporte de nuevas tecnologías facilita que los pavimentos de hormigón [7] resulten construidos con mayor accesibilidad, ya sea tanto para obras de pequeña envergadura como de obras de amplia traza.

Desde una simple calle, se logra la colocación del material con tecnología vibratoria, tecnología accesible y que no requiere una alta capacitación de personal idóneo para la tarea. En aquellos casos donde la traza es ampliamente más extensa, los equipamientos varían, como ser terminadoras de rodillos, pavimentadoras de encofrados deslizantes, todas ellas brindan calidad en la obra, reduciendo los costos de ejecución.

4.2. Sostenibilidad en la construcción de infraestructura.

En el análisis del Ciclo de Vida de las estructuras se consideran aspectos económicos, sociales y ambientales. En este sentido, la propuesta del Comité Técnico ISO/TC 207 para el análisis del

Ciclo de Vida [8] ha sido relevante y tema de estudio de organismos específicos. En la Tabla 1. *Ciclo de vida de pavimentos de hormigón*, se detallan algunos puntos incluidos.

Tabla 1. *Ciclo de vida de pavimentos de hormigón*

Etapa	Puntos o elementos incluidos
Producción del hormigón	Materias primas
	Transporte y Almacenamiento
	Elaboración
Construcción	Transporte
	Procesos de construcción (colocación y curado)
Utilización en servicio	Mantenimiento
	Reparación y sustitución de piezas
	Rehabilitación
	Consumo de recursos
Disposición final	Demolición
	Transporte
	Reciclado / Reaprovechamiento (Tecnologías)
	Disposición Final

La vida moderna lleva a un mayor grado de exigencia en cuanto a los desarrollos en infraestructura, tanto nuevos como la mejor de los existentes. En el caso de los caminos en particular, posibilita una mejora en la calidad de vida de los habitantes de ciudades, pueblos, etc., ya que reduce los tiempos de traslado, mejora la seguridad en la circulación, reduce los índices de siniestralidad y, con el tiempo, fomenta el desarrollo y asentamiento de nuevos grupos humanos que, a partir del simple hecho de haber instalado “infraestructura”, crea nuevos vínculos humanos.

4.3. Metodología.

Como se mencionó en puntos anteriores para lograr generar un sistema de control es necesario diseñar métodos y procedimientos basados en el análisis completo de la vida útil de la estructura, seleccionando los materiales apropiados, encarando también el estudio de rehabilitación y reconstrucción.

Se trata de un estudio exploratorio aplicado en el campo práctico profesional, en el cual se desarrollan actividades docentes investigadores, graduados y estudiantes de ingeniería civil.

Se aplican las bases metodológicas de investigación - acción para la formación de los investigadores y se interactúa con profesionales del medio para facilitar la transferencia del modelo y su aplicación.

El proyecto se centra en la selección de zonas para el modelado, realizando el relevamiento, análisis y evaluación detallada del comportamiento del pavimento, detección de factores intrínsecos y extrínsecos que influyen, así como, de las circunstancias a las cuales se encuentra sometido. Se toma como marco de referencia la información histórica disponible en los archivos de los organismos.

Los resultados son tomados como base para un mapeo y elaboración del manual ó guía de evaluación y mantenimiento predictivo de los pavimentos.

La detección de las patologías existentes, el análisis de sus causas brinda pautas para la propuesta de soluciones e intervención más adecuadas para la valorización y extensión de la vida útil del material en servicio.

Del desarrollo del programa de actividades surge el modelo, el cual incluye un conjunto de instrumentos destinados a realizar un diagnóstico actual y registrar periódicamente el estado de los sectores seleccionados.

4.3.1. Actividades realizadas

Las acciones se enfocan dentro del cronograma previsto en el relevamiento, detección de patologías y diagnóstico del estado de los pavimentos urbanos en el Partido de Avellaneda, orientado en los preceptos de la construcción sustentable, a fin de generar un modelo de Evaluación, Control y Prevención de patologías en pavimentos urbanos y su mantenimiento.

En la Figura 2. *Esquema del Modelo de Evaluación, Control y Prevención*, se presenta un esquema del Modelo desarrollado.

Se trata de un modelo dinámico ya que se modifica con los datos que se agregan en las sucesivas intervenciones.

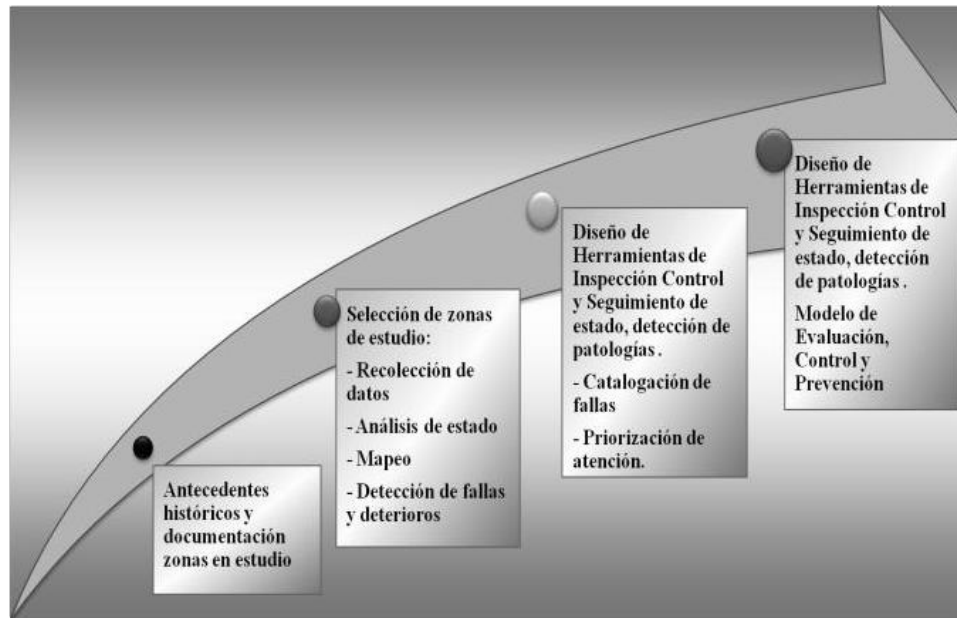


Figura 2. *Esquema del Modelo de Evaluación, Control y Prevención*. Fuente: diseño de esquema de estudio elaborado por el equipo de investigación

En este contexto las acciones comprenden:

- La recopilación de antecedentes en investigaciones, desarrollos, documentos técnicos, etc., sobre la temática de estudio, realizadas en nuestro país, Latinoamérica y el resto del mundo.
- La elaboración una carta básica de patologías habituales presentes en los pavimentos de hormigón.
- La recopilación y análisis de los antecedentes históricos existentes de las obras de pavimentos en la zona (tipo de materiales, antigüedad de la obra, y otros datos de interés).
- La selección e identificación de las áreas de estudio, considerando variables explicadas.
- El diseño de una guía de inspección para la caracterización de los pavimentos y sus materiales componentes, la detección de patologías y tipo de ensayos a aplicar.
- El relevamiento del estado actual de los pavimentos y clasificación de las patologías existentes, conforme la guía de inspección.

A priori, se seleccionó un grupo de pavimentos diferenciados por zona y transitabilidad, basándose en el criterio de alta, media y baja transitabilidad.

- El diagnóstico con elaboración de un Mapeo de Pavimentos por zona relevada. Del análisis de los datos sobre los pavimentos relevados se elabora un esquema de mapeo de la situación actual, con el fin de generar un diagnóstico.

El modelo prevé la realización de registros fotográficos, toma de muestras en los casos en que resultan pasibles de ser extraídas, ejecución y evaluación de ensayos en laboratorio.

- La exploración de datos relativos al comportamiento en su vida útil, tales como información relativa a cambios de condiciones de planificación, que difieren de las previstas en su diseño, realizadas en el tiempo que puedan influir en la vida útil del pavimento, registro cronológico de los indicios de deterioros y tipificación de patologías.

Se considerarán los aportes del autor Giovambattista, A. [9], sobre Reglamento CIRSOC 201.

- La información relevada se aplica en una matriz de priorización, elaborada para tal fin, en la que se realiza una valoración del estado técnico de servicio de los pavimentos y por otra parte, se somete a valor el contexto social, en tanto y cuanto la significación que representa ese pavimento para el entorno o zona de emplazamiento (por ej. se trata de una acceso a zona de centros de salud, a centro de educación primaria o es el acceso principal a un barrio o centro comunal).

- El diseño y elaboración de un Manual donde se desarrollará el modelo de evaluación, el análisis predictivo, los métodos preventivos y de mantenimiento y recomendaciones en la reparación de las estructuras analizadas. Recomendaciones de reaprovechamiento de materiales, reciclabilidad. En particular para la Fase II, se elaborará un apartado sobre reutilización de agregados en los hormigones reciclados.

Se espera que el desarrollo contribuya fortalecer la relevancia que tiene la inversión preventiva en el diseño de las estructuras de hormigón (Maldonado, G., Carrasco, M.) [10].

Además se realizan permanentemente actividades de difusión de los resultados y su transferencia a las áreas técnicas vinculadas con obras públicas (técnicos y profesionales), en particular, las locales y en el ámbito universitario, para la formación de recursos humanos.

5. RESULTADOS

Las actividades se desarrollan con el grupo de investigación Construcciones Biosostenibles, conformado por estudiantes, graduados, personal de apoyo a la Investigación y docentes investigadores de la carrera Ingeniería Civil. En este marco, se fortalece la formación del futuro ingeniero civil que, además de fomentar el desarrollo de sus conocimientos, promueve el compromiso del egresado con el medio social en el cual se encuentra inserto y el crecimiento productivo.

Se trata de una metodología específica fundada en pautas de investigación-acción para la formación de estudiantes, técnicos y universitarios, en materia de estudio y mejora de desempeño de pavimentos urbanos

Se han explorado registros históricos de la planificación de las vías principales de la ciudad.

Se elaboró un manual de evaluación y mantenimiento predictivo de patologías.

Se continúa con la ejecución de las actividades que corresponden al proyecto en su Fase II que incluye nuevos relevamientos de zonas ya inspeccionadas en la Fase I del proyecto, para verificar la evolución de patologías.

Se diseñó el esquema básico de registro de datos para el relevamiento.

Se han elaborado Fichas de Relevamiento Visual que incluyen información sobre el estado, detección de fallas y tipificación.

Las fichas se complementan con un registro fotográfico de las zonas críticas representativas de los hallazgos.

Se trata de toma de imágenes de los pavimentos con vista general y de detalle para todos los casos, es decir, se realizan tanto para los casos en que no presentan fallas como en los que presentan hallazgos de funcionamiento deficiente. Dicho registro incluye las patologías habituales, una descripción detallada de hallazgos, su cuantificación y extensión.

Las inspecciones se realizan contrastando con el catalogo diseñado que contiene una carta básica de patologías habituales en los pavimentos de hormigón y su diagnóstico. Para ello se seleccionó un grupo de pavimentos diferenciados por zona y transitabilidad.

En cada caso se realiza un registro fotográfico de patologías presentes y con la información se elaboraron las fichas de relevamiento. En la Tabla 2. *Contenido de Ficha de Relevamiento Visual* se observa el esquema de ficha.

Tabla 2. *Contenido de Ficha de Relevamiento Visual*

Aspecto	Registro descriptivo	Registro fotográfico/gráfico	Valoración general ó Código
Datos básicos de ubicación	Zona - Tipo de pavimento y tránsito - Cantidad de losas - Muestra	Zona plano	Código Mapeo
Estado del pavimento	Codificación - Tipo de Defecto /Falla - Extensión/Profundidad	Imagen	Estado - % Afectación Calificación
Contexto ambiental	Dificultades de infraestructura - topografía de terreno - climatológicas - hidrológicas - contaminación - población (zona residencial-industrial)	Imagen	Contexto incidencia Calificación

A modo de ejemplo, se pueden observar en la Figura 3 la Ficha de relevamiento tipo y en la Figura 4, el Registro fotográfico de un pavimento y descripción de fallas.

estudiantes de carreras de grado y posgrado de ingeniería y se difundieron las prácticas y resultados ante consejos profesionales del área de la ingeniería, a fin de propiciar la aplicación de métodos que integren las buenas prácticas en la construcción y mantenimiento de pavimentos urbanos.

Se elaboró una tipificación de zonas en función de aspectos situacionales, determinándose el impacto social estimado que deriva de las fallas detectadas en cada zona. Se ha considerado en el análisis: el contexto social, situaciones de entorno o zona de emplazamiento, ubicación de centros de atención primaria, centros comerciales, industriales, infraestructura escolar, entorno ambiental, registros climatológicos anuales y parámetros relacionados, entre otros.

En función de la información relevada se aplicará una matriz de priorización donde se ponderan la incidencia de zona, tipo de vía de comunicación, contexto ambiental y social, estado, tipo de fallas, patologías y grado de deterioro, factibilidad de la reparación, reemplazo y de aplicación de nuevas tecnologías.

Se promueve la aplicación de un sistema de evaluación de las estructuras, utilizando el análisis predictivo para orientar al usuario en el mantenimiento preventivo de pavimentos urbanos y, en los casos de presencia de fallas, orientar sobre las posibles formas de reparación incluyendo los conceptos de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se espera aportar conocimiento científico y tecnológico a través de este desarrollo, en la transferencia hacia el medio productivo y social del partido de Avellaneda, y, de resultar de interés, hacia otras áreas de la provincia de Buenos Aires. Además, consideramos importante el aporte en la formación específica de los estudiantes investigadores de la carrera de Ingeniería Civil y de carreras de posgrado relacionadas con la temática en estudio.

Conjuntamente con la factibilidad de realizar el análisis predictivo aplicado a la evaluación de las obras de pavimentos rígidos urbanos, el modelo servirá para orientar al usuario en el mantenimiento preventivo, orientará sobre métodos de acción tendientes a la reparación. Asimismo, enfatiza en la aplicación de nuevas tecnologías orientadas a la gestión de la sostenibilidad, tales como el reaprovechamiento de materiales, en principio con la incorporación de agregados a los diseños de mezclas.

El Modelo de intervención plantea un conjunto de herramientas útiles para la gestión y el desarrollo urbano. Su contribución fortalece el vínculo de la Universidad con el entorno social y productivo. Por otra parte, representa la transferencia de nuevos conocimientos y tecnologías desde la universidad hacia la gestión pública, con la perspectiva de la sostenibilidad de ciudades, el cuidado del medio ambiente y la mejora continua de la calidad en beneficio de la comunidad.

En cuanto a la formación de recursos humanos en investigación y en lo relativo a la práctica profesional, el intercambio de experiencias posibilita la consolidación del equipo de investigación y resalta el valor significativo de la responsabilidad social de los profesionales tecnológicos.

La implementación de metodologías de investigación- acción se traducen en la formación práctica de estudiantes de Ingeniería Civil en investigación e integración de conocimientos en nuevas tecnologías y procedimientos de relevamientos en pavimentos de hormigón, la realización de ensayos y el control a la práctica profesional.

Se promueve el interés en las prácticas de construcción sostenible, el cuidado del medio ambiente y el aseguramiento de la calidad de las construcciones viales.

A lo largo del desarrollo del proyecto han intervenido estudiantes y becarios de investigación, algunos de los cuales ya se han graduado. También se han formado estudiantes extensionistas extranjeros. Actualmente participan diez (10) estudiantes investigadores del país, de diferentes avances en sus carreras de grado y un (1) estudiante de intercambio académico extranjero. Además, participan dos (2) estudiantes de carreras de posgrado, uno en el campo de la planificación y gestión de la ingeniería urbana y el otro de doctorado en materiales, ambos en preparación de sus trabajos de tesis. En todos los casos además de fortalecer su formación profesional orientan la actividad hacia la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías.

Las contribuciones de los actores sociales potencian el trabajo, enriquecen la experiencia, y plantean la apertura a nuevos campos para la mejora continua en la planificación y gestión de obras públicas.

Este aprendizaje posibilita la aplicación de mejoras en el desempeño de los modelos constructivos, considerando criterios de sostenibilidad en la construcción.

Por último, la difusión y transferencia a grupos de trabajo brinda herramientas para el mejor desempeño del diseño y construcción de los pavimentos, dando la posibilidad de realizar prácticas supervisadas.

Las obras públicas deben ser encaradas con la participación de los actores sociales que intervienen en una comunidad: desde los equipos técnicos que conforman las áreas técnicas específicas hasta los investigadores y técnicos que llevan a cabo sus investigaciones en instituciones universitarias.

Se anhela contribuir desde la universidad con herramientas aplicables a la planificación y gestión que promuevan la mejora continua de la calidad en este tipo de construcciones, donde se incluyen las perspectivas de la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente.

7. REFERENCIAS

- [1] ONU (2012). *La Sostenibilidad del Desarrollo a 20 Años de la Cumbre para la Tierra. Avances, brechas y lineamientos estratégicos para América Latina y el Caribe*. Documento Rio + 20. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Chile.
- [2] ISO (2008). *Norma ISO 15392. Desarrollo sostenible en la construcción. Principios generales*. Internacional Standard Organization ISO.
- [3] Rama Labrador, Francisco (2013). *Manual de conservación de los Pavimentos en la red viaria urbana*. Madrid, España. 1° edición. Bellisco, Ediciones técnicas y científicas.
- [4] Vázquez Espi, M. (2001). "Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales". *Informe de la construcción. Vol. 58, N°471*. Madrid. España.
- [5] IRAM (2014). *IRAM 21929-1:2014. Construcción sostenible en edificios. Indicadores de sostenibilidad. Parte 1 - Marco para el desarrollo de indicadores y de un conjunto fundamental de indicadores para edificios*.
- [6] IRAM (2018). *IRAM 21929-2:2018. Construcción sostenible en edificios. Indicadores de sostenibilidad. Parte 2 - Marco para el desarrollo de indicadores para obras de ingeniería civil*.
- [7] Brunatti, C., Fernandez Luco, L. (2011). "El pavimento de Hormigón. Un camino sustentable". *Memorias IV Congreso Internacional, 18° Reunión Técnica "Ing. Cleto Agosti"*. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Editores: O. Cabrera, J. Sota. ISBN:978-987-21660-4-5. Mar del Plata, Pcia. Buenos Aires. Argentina.
- [8] Rieznik Lamana, N.; Hernández Aja, A. (2005) *Análisis del ciclo de vida. Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Madrid, España. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html>.
- [9] Giovambattista, A. (2011). *Hormigón. Materiales, vida útil y criterios de conformidad y su consideración en el Reglamento CIRSOC 201-2005*. 1° Edición. ISBN 978-950-532-153-7. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Buenos Aires. Argentina.
- [10] Maldonado, G.; Carrasco, M. (editoras) (2012). *Ese Material llamado Hormigón*. Buenos Aires. 2da. Edición, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Buenos Aires, Argentina.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer la colaboración en las actividades de investigación a los estudiantes de Ingeniería Civil, el apoyo de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la UTN- Facultad Regional Avellaneda y del Grupo de Investigación UTN Calidad en la Producción y los Servicios - Ca.Pro.Ser.

Objetivos de desarrollo sostenible (ODS): una estrategia para mejorar la gestión ambiental de las industrias de la región.

Figueira Analia; García Mauricio; Morris Jonathan; Laffitto Cristina*

14 Facultad de Ingeniería –Universidad de Lomas de Zamora, Ruta prov. 4 y Av. Juan XXIII
Lomas de Zamora, anifiqueira@gmail.com

RESUMEN:

En la actualidad urge encontrar soluciones estratégicas para minimizar el impacto ambiental de las actividades antrópicas. En ese sentido, la ONU (Organización de las Naciones Unidas) desarrolló los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) como lineamiento generales para que las naciones u organizaciones públicas y privadas puedan centrar sus esfuerzos, recursos y obtener resultados concretos, de los 17 Objetivos se determinaron 169 metas para cumplir antes del año 2030. Una ventaja es que pueden aplicarse en diferentes niveles institucionales desde las naciones a las pequeñas empresas. Entre los objetivos se encuentran energía asequible y no contaminante, Industria Innovación e infraestructura, producción y consumo responsable. En este contexto, la presente línea de investigación buscará analizar la aplicabilidad de los ODS en las industrias de la región de influencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Bajo la hipótesis que estos objetivos pueden permitir a las industrias tener un diagnóstico general de su gestión ambiental y un marco que permita estructurar acciones para disminuir impactos ambientales, competitividad energética y determinar el compromiso actual y potencial con la sociedad.

PALABRAS CLAVES: Sostenibilidad, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Pymes, Aplicabilidad.

ABSTRACT: Currently, request strategic solutions to minimize the environmental impact of anthropic activities. In that sense, the ONU (United Nations Organization) develop the Sustainable Development Goals (ODS) Like a guidelines for nations or public and private organizations. This guideline may focus their efforts, resources and obtain concrete results, of the 17 Objectives was determined 169 goals to reach before 2030. One advantage is that they can have at different institutional levels from nations to small businesses. Among the objectives are affordable and non-polluting energy, Industry Innovation and infrastructure, production and responsible consumption. In this context, this line of research will seek to analyze the applicability of the ODS in the industries of the region of influence of the Faculty of Engineering of the National University of Lomas de Zamora. Under the hypothesis that these objectives can allow industries to have a general diagnosis of their environmental management and a framework that allows structuring actions to reduce environmental risks, energy competitiveness and determine the current and potential commitment to society.

1. INTRODUCCIÓN

Para que todos los países del mundo puedan afrontar los problemas ambientales, sociales y económicos presentes hoy en día, la ONU (Organización de las Naciones Unidas) estableció 17 objetivos con un total de 169 metas a cumplir hasta el año 2030, a estos objetivos se los denominó “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (ODS) y a todo el plan de acción en su conjunto se lo denominó “Agenda 2030” (Imagen 1). Su propósito es el de garantizar un desarrollo que satisfaga las necesidades actuales pero sin perjudicar la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas [1].



Imagen 1: Enumeración de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sustentable) – ONU [1]

Un aspecto a destacar de los objetivos es que, si bien cada uno apunta hacia una problemática específica, se encuentran interrelacionados entre sí, lo que quiere decir que el éxito de uno afecta el de otros. Esto ocurre ya que la finalidad es destacar la importancia de integrar las necesidades económicas, ambientales y sociales, dejando de manifiesto los vínculos e interdependencias existentes entre estos 3 pilares. Además, se redactaron 169 metas las cuales son claras y precisas, y permiten comprobar que los objetivos se están cumpliendo. Cada objetivo posee sus propias metas a cumplir, si todas están logradas con éxito el objetivo está cumplido. Cabe aclarar que, estas metas están planteadas de manera que cada nación pueda adaptarlas a sus contextos propios, y a su vez, permitan desarrollar indicadores para corroborar su cumplimiento. [2].

En este contexto, Las empresas al ser los principales entes creadores de empleo, crecimiento económico y una fuente de tecnología e innovación representan un rol fundamental para el cumplimiento de la agenda 2030, y más allá, que en algunos casos lo ignoren, tienen un interés propio en contribuir al alcance de las metas propuestas por los ODS. Cualquier empresa se encuentra imposibilitada de tener éxito en sociedades que fracasan, y por lo tanto, deberían estar interesadas en la estabilidad y prosperidad de las sociedades que las rodean [3].

Uno de los mayores desafíos de una Industria PyME (pequeña y mediana empresa) es poner en práctica e implementar los objetivos y las metas de desarrollo sostenible planteadas por La ONU. Actualmente, las PyMEs (pequeñas y medianas empresas) constituyen el 99% de las empresas argentinas, las cuales, según el Ministerio de Producción y Trabajo, son aquellas con menos de 200 ocupados, mientras que el resto son empresas grandes las cuales representan solo el 0,6% (3.539 empresas) y son todas aquellas que cuentan con más de 200 ocupados (Figura 1). Además cabe aclarar que las PyMEs son las que más trabajadores emplean: acumulan 64,8% del empleo privado formal total y un 58,4% del empleo privado formal en industrias manufactureras (Figura 2). En Buenos Aires la situación es muy similar aunque los valores incrementan: como se observa en la Figura 3, las PyMEs pasan a ocupar un rol más importante con un 99,5% de las empresas totales, y a su vez las mismas se convierten en un 70% del total del empleo privado formal en toda la provincia [4].

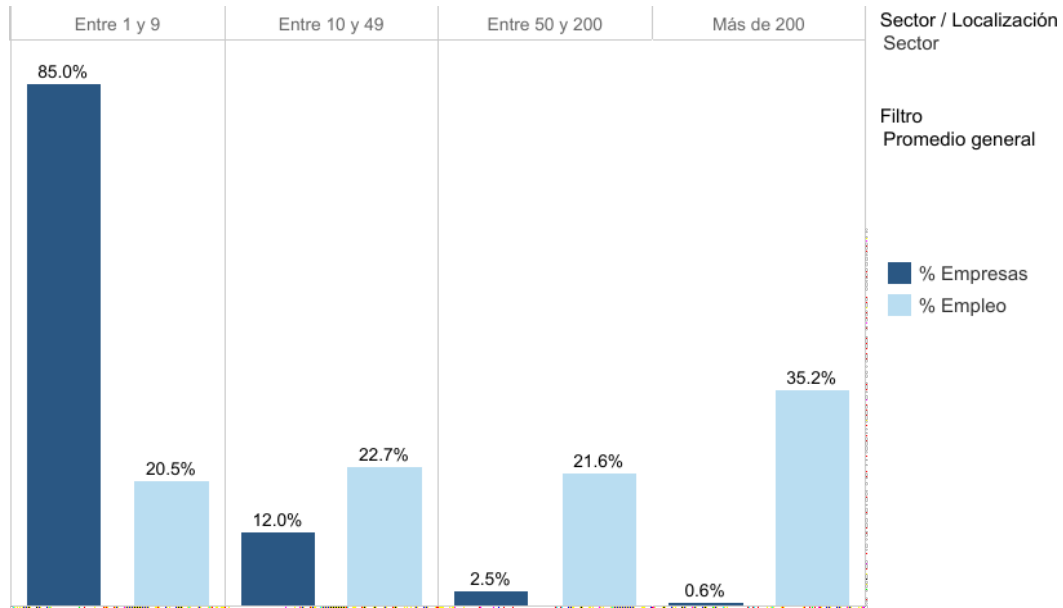


Figura 1: Distribución de las empresas y del empleo privado formal en Argentina - año 2017- Fuente: Ministerio de Producción y Trabajo argentino – GPS de empresas

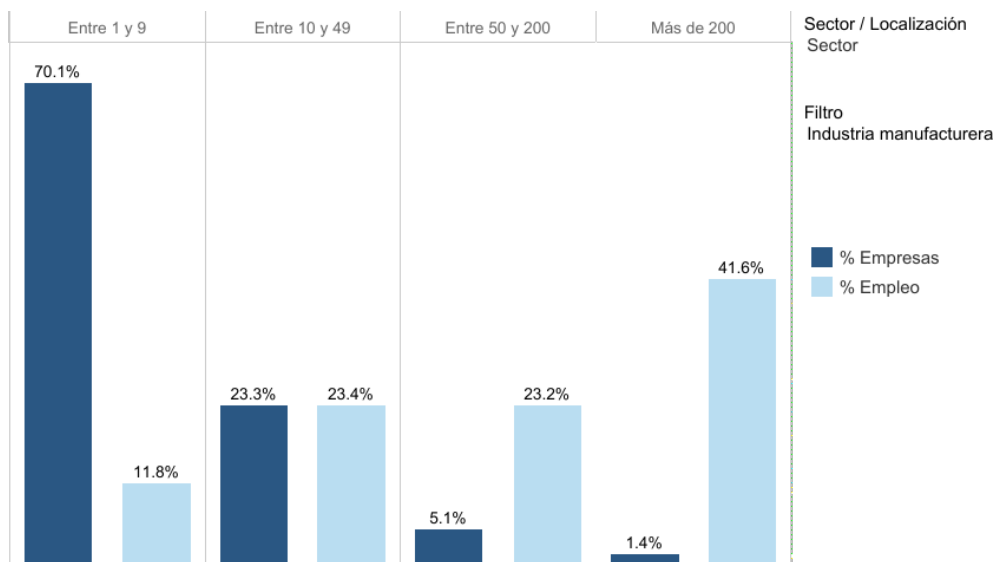


Figura 2: Distribución empleo en la Industria Manufacturera en Argentina - año 2017 - Fuente Ministerio de Producción y Trabajo argentino – GPS de empresas

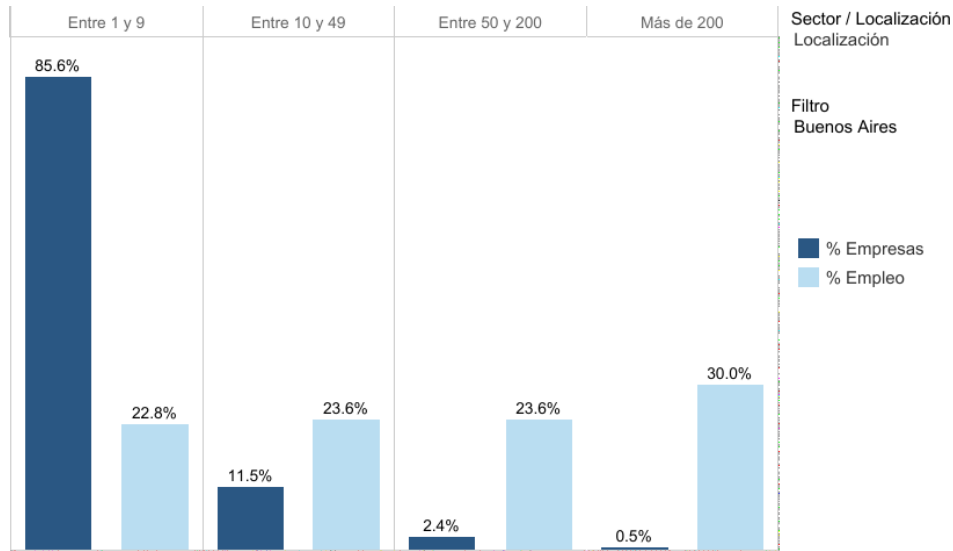


Figura 3: Distribución de las empresas y del empleo privado formal en Buenos Aires - año 2017 - Fuente Ministerio de Producción y Trabajo argentino – GPS de empresas

Todos estos datos resultan de suma relevancia, dado que a causa de ellos se decidió enfocar la investigación a las pequeñas y medianas empresas. Estas representan una enorme influencia en toda la sociedad argentina y especialmente la bonaerense, y desde ellas será primordial trabajar para cumplir el desarrollo sostenible. Es totalmente necesario demostrar que con el sector privado dirigiendo sus esfuerzos en la dirección correcta, los resultados no solo serán mejores sino que sin su inclusión no será factible lograr las metas propuestas, y que además, se proporcionarán enormes ventajas a las industrias que aborden activamente los ODS. [5]

No obstante, es importante entender que para cambiar las prácticas de producción y consumos (objetivo 12) o para combatir el cambio climático (objetivo 13) es necesaria la participación de las empresas de todos los tamaños. Más aún dentro del cambio que hoy exige la matriz energética argentina, garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna (objetivo 7) se vuelve crucial.

2. MARCO TEÓRICO

Hoy existen distintas herramientas para evaluar la sostenibilidad de una organización empresarial o industrias. En el caso de Colombia, se opta por la utilización 3 grandes directrices: las categorías económicas, sociales y ambientales. Así, cada una de ellas tiene una serie de aspectos que deben ser tratados y analizados de una forma correcta. La guía empleada es conocida como GRI en su versión G4 creada por The Global Reporting Initiative que al ser integradas a la gestión empresarial conlleva al cumplimiento de los ODS. Desde ese punto de vista se categoriza las empresas colocando porcentajes en cada uno de las directrices, por ejemplo: la empresa Nutresa que fue destacada como empresa líder en la sostenibilidad debido a su compromiso con los tres ejes anteriormente nombrados. Económicamente hablando, tiene en cuenta el riesgo, el manejo de la crisis, estrategias de mercados emergentes, salud. Con los cuestionamientos Ambientales, hace referencia a estrategias de clima, sistemas de gestión ambiental aprovisionamiento de materias primas, reporte ambientales. Sobre el eje social tiene en cuenta el desarrollo del capital humano, indicadores de prácticas laborales y la seguridad y salud ocupacional. [6]

A su vez, los informes de sostenibilidad son una herramienta útil para las empresas en el momento de dar a conocer cómo se relacionan los ODS con la compañía. Adicionalmente, a partir de esta información se obtienen los recursos necesarios para diseñar un plan de acción que le permite a la empresa aportar a las metas y se relacionen con su desempeño en sustentabilidad. Estos informes son la realización de un documento que muestra la participación del sector privado en las distintas áreas. Como ser, en el área económica generando modelos inclusivos sostenibles y sustentable de crecimiento. Más aún, la herramienta es de suma

importancia para enfatizar sobre la recolección de datos provenientes de la medición del desempeño, considerándose una necesidad de compromiso con la transparencia pública y de compartir información. Considerando finalmente, el papel de la regulación que promueva políticas de inversión responsable y que requiera que las empresas, en carácter obligatorio muestran las dimensiones económicas, ambientales, social y de gobernanza. [7]

En Argentina, la Red del Pacto Global es la iniciativa de responsabilidad social corporativa que incluye a empresas, instituciones educativas y organizaciones de la sociedad civil. Los principios y valores que guían el accionar de sus integrantes se alinean plenamente con los ODS [8]. Por ello, han asumido un rol significativo de compromiso en la implementación de los ODS en el ámbito empresarial, buscando incidir y difundir los principios de la agenda entre los miembros de este sector clave. El Informe utiliza como fuente principal las Comunicaciones sobre el Progreso (COPs), esto es, los reportes que las empresas adheridas al Pacto Global entregan anualmente para informar sobre el alineamiento de sus estrategias empresariales a los principios universales de derechos humanos, estándares laborales, ambiente y lucha contra la corrupción. Entre los hallazgos más interesantes podemos mencionar que existe un grupo de ODS que las empresas más frecuentemente mencionan en sus reportes y son los ODS 4, 7, 8, 12 y 13 vinculados con la educación de calidad, la energía limpia, el trabajo decente, la producción y el consumo sostenible y la acción por el clima. El estudio muestra, también, que las empresas PyMEs están reportando sus contribuciones a los ODS. EL período que abarca el informe es desde enero 2016 a Noviembre 2017 y se ha identificado que 66 de los 218 reportes analizados menciona su aporte a los ODS, lo que demuestra el estado inicial de la adhesión a la agenda 2030, dando hincapié a continuar investigado la manera que las industrias y empresas de todos los tamaños tenga accesibilidad a los 17 objetivos y las 169 metas de las que venimos hablando.

3. METODOLOGÍA

En los últimos años, una de las metodologías más aceptadas a nivel global para realizar memorias de sostenibilidad empresarial es la guía creada por The Global Reporting Initiative, conocida como GRI en su versión actual G4. The Global Reporting Initiative es una organización que tiene como fin ayudar a las organizaciones, empresas y gobiernos a entender y comunicar el impacto de los factores de sostenibilidad [9]

En esta etapa y para iniciar el proyecto de investigación se realiza una matriz de confrontación, con características similares a la del GRI [6], en la cual se determina cuáles son las metas más aplicables para cada rubro de la industria PyME.

En primer lugar, se genera una lista con los rubros de industrias que se encuentran en la cercanía de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora ya que ese fue el alcance determinado para el estudio. Esta lista se genera en base a la información obtenida en de la página del Ministerio de Producción y Trabajo y considerando la zona anteriormente nombrada [2]. Por lo tanto, se analizan los rubros representados en la figura 4. Se excluyeron aquellos rubros de empresas de comercio y las dedicadas a la actividad financiera ya que el objetivo del estudio es investigar a empresas industriales, es decir, aquellas que se dediquen a actividades productivas o provean algún servicio a las mismas.

Agricultura y Ganadería
Alimentos y Bebidas
Automotriz
Cerámicos
Construcción
Fabricación de materiales eléctrico
Frigorífico
Metalúrgica y siderúrgica
Industrias del caucho y plástico
Madereras y papeleras
Química y farmacéutica
Textil y cuero
Transporte y almacenamiento

Figura 4: Listado de Industrias elegidas para comparar con los objetivos de desarrollo sustentables - elaboración propia.

A continuación, se elabora un listado con todos los objetivos y metas de desarrollo sustentables redactadas por la ONU. Si bien son metas muy claras y concisas, se analizaron distintos tipos de bibliografía para su mejor interpretación.

Finalmente se genera la matriz de evaluación de aplicabilidad de las metas en cada industria, considerando el valor 1 para metas no aplicables, 2 para metas medianamente aplicables y 3 para las metas que son completamente aplicables. Y de esta manera, obtener porcentajes de cada objetivo. La aplicabilidad o no de una meta corresponde a las posibilidades que posee la industria de llevar a cabo esa meta. Algunas de estas metas se han generado para ser cumplimentadas por estados o gobiernos. Esto no quiere decir que no se pueda generar otros tipos de accionar que acerque a la actividad industrial a la sustentabilidad.

Con la presente matriz se logra demostrar la relevancia de las pymes en el cumplimiento de las metas de los ODS ya que en base al trabajo realizado se establece cuáles son las metas con mayor potencial de cumplimiento para cada rubro. Por lo tanto, ninguna de las empresas estudiadas queda excluida de su posible implementación, pudiendo integrar los objetivos en sus modelos de negocio, planes de acción y estrategias de sustentabilidad.

4. RESULTADOS

Estos resultados expresan la aplicabilidad de las 169 metas de correspondiente a cada objetivo, como se observa en la Figura 5. El primer objetivo con mayor porcentaje en aplicabilidad Alta en las industrias es el número 6 (garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento de todos) con un 63%. Continuando con el 42% el número 12 (Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible). Por último, el objetivo 13 (Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos) y 5 (lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas) con el 40% y el 32% de aplicabilidad alta respectivamente. Es de suponer que esto sucede porque en las metas que se detallan para estos objetivos pueden alcanzarse modificándose procesos productivos, gestionando residuos, cambiando políticas de la industria en su propia actividad, in situ.



Figura 5: Grafico de porcentajes de Aplicabilidad de las ODS en las Industrias Bonaerenses – Elaboración Propias.

Si consideramos los objetivos en el rango medio de aplicabilidad se hallan el objetivo 9 (Industria, innovación e infraestructura) con 63%, el objetivo 7 (garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos) con el 50%. El objetivo 13 (adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos) con el 40%, el objetivo 15 (gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad) con 37% nuevamente el objetivo 5 con 33%. Se consideran metas que comparten la responsabilidad de su funcionamiento con el estado o gobierno que lo engloba. Y de la interacción entre las actividades de unos (los gobiernos) con las actividades de los otros (las industrias) y viceversa.

Finalmente, en los casos que la aplicabilidad es baja se encuentran: objetivos 1 (Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo), 2 (Poner fin a el hambre, la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible), 3 (garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades), 4 (Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos), 8 (Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos), 10 (Reducir la desigualdad en y entre los países), 11 (Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles), 14 (Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible), 15 (Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad), 16 (Promover sociedad, justas, pacíficas e inclusivas), 17 (Revitalizar

la alianza mundial para el desarrollo sostenible). Son metas dirigidas a la creación de políticas públicas o para liderar el accionar del estado o gobiernos. En estos casos se propone buscar alternativas que acerquen a los objetivos de menor aplicabilidad a sendero de la sustentabilidad. Algunos ejemplos de medidas que se podrían considerar: a) tener en cuenta aspectos como el cambio organizacional, empleo, diversidad, inclusión, aprendizaje y desarrollo de los empleado, b) recuperación de fuentes naturales y disminución de huella de Carbono, c) relacionarse con las comunidades cercanas, d) prestaciones de servicios públicos, e) investigación, f) indicadores de prácticas laborales, g) salud ocupacional, entre otras.

Por último, se analizan los datos como se distribuyen los porcentajes en cada industria, y lo observable en la Figura 6 es que la distribución es pareja. Las metas de alta aplicabilidad poseen un porcentaje entre el 13 y 14% en cada industria, igual que las de media y baja aplicabilidad, de 18 a 17% y 68 a 70%.

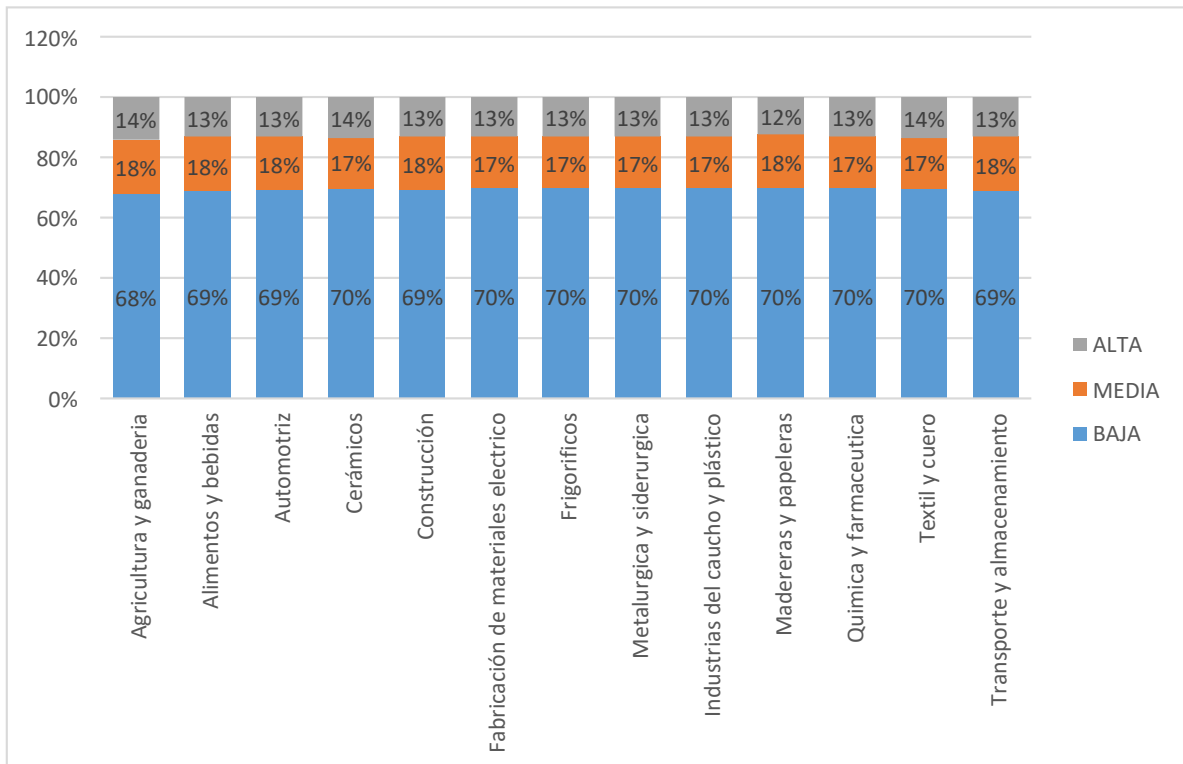


Figura 6: Aplicabilidad en las industrias – Elaboración propia

5. CONCLUSIÓN

Los resultados expuestos en este trabajo indican que a partir de una sencilla herramienta como ser la matriz de confrontación elaborada, se obtiene información muy importante sobre la aplicabilidad de los ODS y sus metas. Si bien, este proyecto se encuentra en su etapa inicial, se puede concluir que aún falta profundizar la investigación, para obtener un mejor panorama sobre las metas de bajo poder de aplicabilidad y como implementarlas en las industrias.

Por otro lado, el desarrollo sostenible es uno de los desafíos más complejos que pueda enfrentar una industria PyMe en la actualidad, ya que suelen esforzarse mucho simplemente por mantenerse en el mercado. En contrapartida, si la empresa se compromete a incluir estas metas y objetivos a su agenda se verá reflejado en la generación de valor agregado a su cadena de valor. Además, les permitirá visualizar nuevas ideas de negocio, incursionar en nuevos mercados. Se generara una imagen positiva de la empresa y demostrara el compromiso.

También, se reflexiona sobre el accionar de algunos países como Colombia, España y sobre todo Argentina y algunas de las entidades que los representan que están luchando de manera conjunta para conseguir un futuro sostenible, justo y en paz.

BIBLIOGRAFÍA

[1] (2016) Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe, ONU.

[2] David Le Blanc. (2015) “Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets”. Department of Economic and Social Affairs, Working Paper 141, Naciones Unidas.

[3] Marta De la Cuesta González (2004) “El porqué de la responsabilidad social empresarial” Boletín económico de Información Comercial Española. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España.

[4] Datos obtenidos de la página web del Ministerio de Trabajo y Producción correspondientes al año 2017. <https://gpsempresas.produccion.gob.ar/datos-y-analisis/#navitem-3> - Fecha de consulta: 11 de Septiembre 2019

[5] Rodríguez Herrera, Juan Jesús; Linero LLamas, Juan Manuel; Torres, Javier Pedraza, (2018). “Los Objetivos de Desarrollo Sostenible una oportunidad para la PyME”. Green Globe Sostenibilidad y Proyectos Ambientales, Confederación de empresarios de Andalucía (CEA). Sevilla, España

[6] Varón, María; Galeano Galán, Alejandra. (2016) “Informe de sostenibilidad como herramienta para el cumplimiento de los ODS desde la gestión empresarial”. Universidad EAN. Bogota, Colombia.

[7] Rodríguez de Ramírez, María del Carmen (2015): “Objetivos de Desarrollo sostenible, agenda post-2015 y sector privado”, Publicación Profesional y Empresaria (D&G), Boletín XVI pagina 776 Agosto 2015 – Editorial Errepar.

[8] Roset, Nuria, (2018) Informe Contribución de las Empresas Argentinas Adheridas al Pacto Global a los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Evidencias a 3 Años de la aprobación de la agenda 2030. PNUD, Red Argentina del Pacto Global, Agenda 2030 – ODS Argentina – Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales – Presidencia de la Nación

[9] Montoya, Diana. (2018). “Contribución del sector privado a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) exteriorización en los II.FF. en Informes R.S.E.” 24° Encuentro Nacional de Investigadores Universitarios del Área Contable, 14° Simposio Regional de Investigación Contable, La Plata, Argentina.

Identificación y análisis de las variables clave de proyectos de autogeneración de energía térmica a partir de energía solar para la obtención de agua caliente sanitaria en Argentina

Cibeira, Natalia P.; Williams, Eduardo; Pendón, Manuela; Couselo, Romina; Tittone, Marcelo; Crespi Gabriel*

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.
1 y 47, La Plata (1900), Buenos Aires
natalia.cibeira@ing.unlp.edu.ar*

RESUMEN

El consumo de agua caliente de las familias puede dividirse en dos usos fundamentales: calefacción y agua caliente sanitaria. Las familias argentinas utilizan aproximadamente el 33% de la energía que consumen para calentar agua, ya sea mediante dispositivos eléctricos o a gas. Este consumo energético podría reducirse drásticamente con la utilización de la energía solar térmica para generación de agua caliente sanitaria.

El total de energía usada para calentamiento de agua sanitaria equivale aproximadamente al 50% de las importaciones de gas. Por lo tanto, eficientizar el uso de la energía para calentar agua sanitaria, es de gran relevancia económica, social y medioambiental para el país.

Actualmente existen diversas tecnologías para la generación de agua caliente a partir de energía solar, las dos más utilizadas son los termotanques solares de tubos de vidrio y los de placa plana. A su vez, de acuerdo a la presión de trabajo máxima admisible: pueden clasificarse en presurizados y no presurizados.

En el presente trabajo se realiza una investigación a partir de información secundaria para identificar las variables más relevantes en proyectos de autogeneración de energía solar térmica para la obtención de agua caliente sanitaria y sus factores determinantes. A partir de su identificación y estudio se analizan las viabilidades técnica, económica y financiera y se estiman valores actuales de variables e indicadores de rentabilidad, para finalmente poder concluir sobre la conveniencia de utilización de estos sistemas en el país.

Palabras Claves: energías renovables, autogeneración, energía solar térmica

ABSTRACT

The consumption of hot water by families can be divided into two fundamental uses: heating and domestic hot water. Argentine families use approximately 33% of the energy they consume to heat water, either through electrical or gas devices. This energy consumption could be drastically reduced with the use of solar thermal energy for the generation of sanitary hot water.

The total energy used for sanitary water heating equals approximately 50% of gas imports. Therefore, making the use of energy more efficient in heating sanitary water is of great economic, social and environmental importance for the country.

Currently there are various technologies for the generation of hot water from solar energy, the two most used are the solar hot water tanks of glass tubes and flat plate. In turn, according to the maximum admissible working pressure: they can be classified as pressurized and non-pressurized. In the present work, a research is carried out from secondary information to identify the most relevant variables in self-generation projects of solar thermal energy for obtaining sanitary hot water and its determining factors. Based on its identification and study, the technical, economic and financial viabilities are analyzed and current values of variables and profitability indicators are estimated, so as to finally be able to conclude on the convenience of using these systems in the country.

1. INTRODUCCION

La energía solar térmica consiste en la transformación de la radiación solar en calor, que puede aprovecharse para producir agua caliente destinada al consumo doméstico (agua caliente sanitaria, calefacción y calentamiento de piscinas). El calor también puede utilizarse para producir energía mecánica mediante un ciclo termodinámico y, a través de un alternador, generar energía eléctrica: es la denominada energía solar termoeléctrica [1].

El Agua Caliente Sanitaria (ACS) es el agua destinada al consumo humano utilizada con fines sanitarios (duchas, lavado, limpieza, etc.) que ha sido calentada previamente.

A medida que la población crece, aumentan los requerimientos energéticos para sostener el crecimiento. Debido a la composición de la matriz energética de nuestro país, esto implica un aumento de combustibles fósiles o no renovables. Por este motivo, es importante utilizar las energías renovables como una alternativa de provisión energética para el crecimiento poblacional. Las energías renovables están asociadas a la eficiencia energética. El uso de renovables sin eficiencia energética no generará un ahorro sustantivo de energía.

En Argentina el gas natural constituye el componente principal de la matriz energética, aportando más del 50% de la energía primaria del país. Alrededor del 30% del gas se distribuye a través de redes a los usuarios residenciales, comerciales y entes oficiales. El calentamiento de agua sanitaria es el segundo consumo en importancia en estos sectores, representando aproximadamente el 33% del total. Es decir, para el calentamiento de agua sanitaria por gas se emplea casi el 10% de la energía consumida en Argentina [2]. Por lo tanto, eficientizar el uso de la energía para calentar agua sanitaria, es de gran relevancia económica, social y medioambiental para el país.

2. AUTOGENERACION DE ENERGIA SOLAR TERMICA

2.1. Estudio de la Viabilidad Técnica

Para poder determinar la viabilidad técnica de proyectos de autogeneración de energía térmica a partir de energía solar para la obtención de agua caliente sanitaria se podrían considerar y analizar los siguientes factores clave: lugar de emplazamiento, consumo a abastecer, tecnología a utilizar, dimensionamiento del sistema, instalación y operación y mantenimiento.

2.1.1. Lugar de emplazamiento

El lugar de emplazamiento de un sistema solar térmico para la obtención de agua caliente sanitaria (ACS) es de suma importancia para poder lograr un alto grado de aprovechamiento del recurso solar.

Existen múltiples factores que influyen en la eficiencia del sistema. Entre ellos cabe destacar la radiación solar disponible, la orientación e inclinación del sistema solar, sombras existentes en el lugar, la temperatura ambiente, temperatura de entrada y salida de agua requerida.

Típicamente, el lugar de emplazamiento seleccionado no es el más adecuado a los fines de la instalación del sistema, sino que más bien es el que está disponible. Esta condición puede imponer ciertas restricciones al uso del sol, y es necesario conocer la influencia de las mismas a modo de poder estimar en forma correcta la cantidad de radiación solar que arriba al sistema.

El dimensionamiento y uso de cualquier sistema solar térmico requiere del conocimiento de la disponibilidad de radiación solar en el lugar que se pretende instalar.

Los datos de radiación se obtienen de bases de datos que proceden de medidas realizadas por estaciones terrestres o estimadas a partir de imágenes de satélite.

Para la elección de la base de datos debe resolverse el compromiso entre cercanía de la medida al lugar de la instalación y larga duración de la base temporal. Debe tenerse en cuenta que las discrepancias entre bases de datos pueden llegar a ser de hasta el 30%, y por tanto, todos los resultados posteriores deben manejarse sin perder la perspectiva de esta incertidumbre. Por tanto, es sumamente importante referenciar cualquier estimación de energía a la base de datos empleada para el cálculo.

De las bases de datos, se obtiene la radiación solar diaria en el plano horizontal [kWh/m²/día] y a partir de esta información se deben realizar los cálculos para estimar el valor de la radiación en un plano inclinado.

Existe un mapa de "Atlas de Energía Solar de la República Argentina", elaborado por Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini, Universidad Nacional de Luján, el cual muestra la distribución del promedio de la Radiación Global Diaria [kWh/m²] [3].

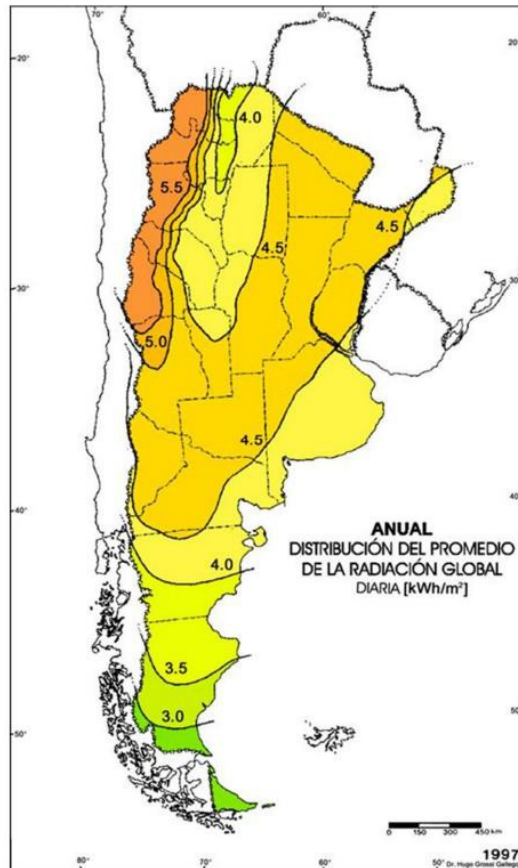


Figura 1 Distribución del promedio de la Radiación Global Diaria [kWh/m²] en la República Argentina. Fuente: "Atlas de Energía Solar de la República Argentina", elaborado por Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini, Universidad Nacional de Luján

Cabe destacar que además de la radiación solar diaria es necesario conocer la variación de la misma a lo largo del año, ya que esta es muy distinta en invierno y en verano.

Otros dos factores importantes a analizar en el lugar de emplazamiento son la inclinación y orientación de los sistemas, ya que la energía captada por los mismos dependerá ello.

La inclinación se define como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. Su valor es 0° para captadores horizontales y 90° para verticales.

La orientación es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar, también llamado acimut. Para colectores ubicados en el hemisferio Sur, los valores típicos son 0° para captadores orientados al Norte, +90° para captadores orientados al Este y -90° para colectores orientados al Oeste.

Dependiendo de los valores de inclinación y orientación, el colector brindará mayor o menor cantidad de calor útil a lo largo del año.

En general los sistemas tienen que estar orientados al ecuador. En hemisferio sur, significa que la orientación óptima es hacia el Norte.

Con respecto a la inclinación, como regla general, si se pretende maximizar el uso de un sistema solar térmico en invierno, es suficiente con lograr un valor de inclinación sumando entre 10° o 15° al valor de latitud de la localidad en cuestión. Si la aplicación pretende maximizar la energía anual, un valor de inclinación igual a la latitud del lugar suele ser suficiente. Si se pretende priorizar la generación en verano, entonces el colector deberá inclinarse a un valor igual a la latitud del lugar restando 10°.

El otro factor que incide sobre la energía solar que llega a un colector son las sombras. Es posible diferenciar dos tipos de sombras. Las sombras proyectadas por las construcciones cercanas al lugar de instalación y las sombras que proyecta una fila de equipos compactos o colectores sobre otra fila inmediatamente detrás de ella. Los equipos solares de generación de agua caliente sanitaria deben recibir al menos 4 horas de radiación solar en el día del año que el sol está en el punto más bajo, por lo que el equipo debe ubicarse de tal modo de lograr este requisito.

La eficiencia en los sistemas solares térmicos está intrínsecamente relacionado con la temperatura ambiente, y con las temperaturas de entrada y salida del sistema. Por lo tanto, es necesario conocer las temperaturas que intervienen de modo de dimensionar correctamente el sistema.

Para estimar la temperatura ambiente se utilizan promedios mensuales o anuales de la localidad. En cuanto a la temperatura de agua de entrada, suponiendo que viene de pozo, se toma como promedio anual 15°C. La temperatura de salida deseada suele ser 50°C.

2.1.2. Consumo a abastecer

El Agua Caliente Sanitaria (ACS) es el agua destinada al consumo humano utilizada con fines sanitarios (duchas, lavado, limpieza, etc.).

Para poder calcular el consumo a abastecer, se toma como usuario tipo 3,5 personas. Este es el número de personas por vivienda de condición media [4].

El volumen de agua caliente que consume en promedio un usuario tipo (3,5 personas) es de aproximadamente 195 l/día. Este dato nos permite estimar el requerimiento de ACS por usuario: si suponemos que aproximadamente una masa de 10 litros se usa para cocción, obtenemos una estimación de aproximadamente 185 l/día de agua caliente para uso sanitario. Suponiendo un promedio de 3,5 personas por vivienda, obtenemos un requerimiento de agua caliente de alrededor de 53 l/día por persona. Desde luego, este es un valor nominal de consumo de ACS. Internacionalmente, en el diseño de sistemas de ACS para viviendas se utiliza una cifra de consumo entre 50 y 70 l/día por persona.

2.1.3. Tecnología a utilizar

En los Sistemas Solares Térmicos (SST) se aprovecha la energía radiante del sol para calentar agua o cualquier otro fluido que posteriormente será utilizado en diversas aplicaciones. La energía solar térmica es una solución que presenta numerosas ventajas, entre las cuales se pueden citar:

- Su fuente de energía primaria, el sol, es siempre gratuita y abundante.
- Los sistemas solares térmicos presentan un rendimiento de conversión energética de radiación disponible a energía útil mayor al 50%, siendo uno de los factores de conversión más altos entre las diferentes energías renovables.
- No genera emisiones de gases de efecto invernadero, y a su vez reemplaza o complementa tecnologías que utilizan combustibles fósiles.

Cualquier sistema solar térmico consta de dos componentes esenciales: el colector y el tanque acumulador. El colector se encarga de transformar la energía solar en calor y calentar un fluido que circula en su interior. El tanque acumulador se encarga de almacenar ese fluido caliente para su posterior uso en aplicaciones de agua caliente sanitaria, climatización, procesos industriales o cualquier otro uso.

Ambos componentes principales, el colector y el tanque acumulador, forman un sistema cuyo acoplamiento se define de forma específica para cada aplicación y caso de uso.

Los Sistemas Solares Térmicos pueden clasificarse por el principio de circulación, su sistema de transferencia de calor, su presión de trabajo y su diseño.

Según el principio de circulación pueden ser circulación natural o termosifónicos o de circulación forzada.

En los sistemas termosifónicos, la circulación del agua caliente es por gravedad. El agua dentro del colector es calentada por el sol, disminuye su densidad y fluye hacia arriba para ingresar al tanque de almacenamiento, mientras que el agua fría, de mayor densidad, fluye hacia abajo creando una circulación continua. El flujo convectivo o termosifónico continúa mientras el sol calienta el colector. Los sistemas forzados utilizan una bomba y un controlador para circular el fluido caloportador dentro del colector. Los colectores normalmente se encuentran sobre el techo de las construcciones y el tanque se ubica en una sala de máquinas en otro nivel. El fluido fluye desde el colector al tanque por acción de una bomba. En estos casos, el circuito de calentamiento del colector es un circuito cerrado. El colector se usa para calentar un fluido caloportador, y este a su vez intercambia calor con el agua de consumo a través de una serpentina ubicada en el interior de un tanque de acumulación.

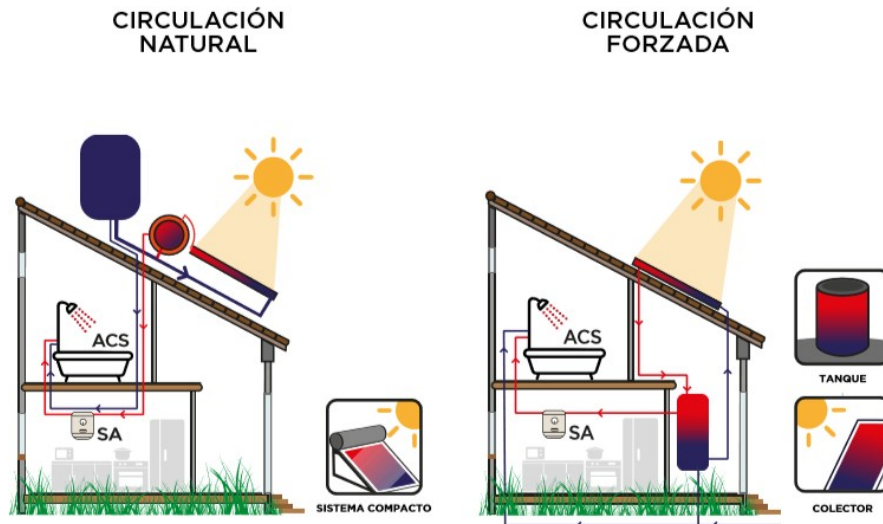


Figura 2. Diferencia entre sistema solar térmico de circulación natural y forzada. Fuente: Manual Introducción a la energía solar térmica, Secretaría de Energía 2019. [5]

En cuanto al sistema de transferencia de calor, este puede ser directo o indirecto.

Los sistemas solares termosifónicos (de circulación natural) pueden ser directos o indirectos. Los directos utilizan el mismo fluido en el colector y en el acumulador, siendo este fluido el agua de consumo. En los indirectos, existe un fluido en el colector que transporta el calor, por medio de algún medio de intercambio, hacia el agua de consumo que se encuentra en el acumulador. Este fluido que transporta el calor es un fluido con propiedades anticongelantes. El circuito donde circula el fluido anticongelante se denomina "primario" y el circuito donde circula el agua de consumo se denomina "secundario".

Los sistemas de circulación natural directos, sin protección anti-heladas, se utilizan en climas cálidos donde no hay riesgo alguno de ocurrencia de congelamiento, ya que son más económicos y tienen un rendimiento similar a los indirectos.

La mayoría de los sistemas forzados, son indirectos, utilizando un intercambiador de calor entre el fluido caloportador que se encuentra en el colector, y el agua potable que se encuentra en el acumulador.

Los sistemas solares térmicos llamados equipos compactos son productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Estos equipos son de uso exclusivo para agua caliente sanitaria.

En el equipo compacto, el colector y el tanque conforman un solo producto. A nivel mundial, los equipos compactos constituyen el 70% del mercado de la energía solar térmica [6].

Los sistemas solares térmicos a medida son aquellos sistemas construidos de forma única, o montados eligiéndolos de una lista de componentes.

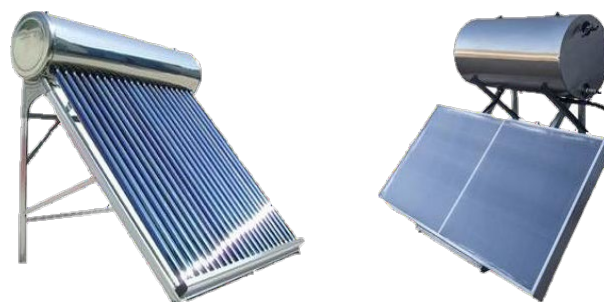


Figura 3. Ejemplos de equipos compactos que se consiguen en el mercado argentino.

Finalmente, considerando la presión de trabajo, pueden ser "abiertos" o "cerrados". En un sistema abierto, el tanque de acumulación donde circula el agua de consumo opera a presión atmosférica. En un sistema cerrado, el agua en el tanque está presurizada a una presión específica, típicamente entre 2 y 4 kg/cm². Esto quiere decir que el tanque de almacenamiento no está en contacto con la atmósfera.

Todos los sistemas solares térmicos que se comercializan deben cumplir con la Resolución 520/2018 de la Secretaría de Comercio de la Nación.

Se debe destacar que, dado que el recurso solar es intermitente, es necesario contar con un sistema de apoyo auxiliar que pueda atender la demanda energética en momentos de poco sol. La correcta

selección del equipo de apoyo auxiliar a un Sistema Solar Térmico (SST) es de gran influencia en la eficiencia del sistema en su conjunto.

2.1.4. Dimensionamiento del sistema

Para el caso de los sistemas solares térmicos compactos de uso específico para agua caliente sanitaria, el dimensionamiento consiste esencialmente en la correcta selección del mismo. No es necesario realizar un método de cálculo específico sino más bien seleccionar el tamaño del equipo según su capacidad de acumulación en función de la demanda de ACS de la vivienda. Puede verse a continuación una tabla de referencia y valores promedio de los equipos compactos prefabricados, en función de los usuarios por vivienda:

Tabla 1 Valores de referencia para equipos compactos prefabricados. [7].

Usuarios	Área de colector	Volumen de almacenaje
Entre 2 y 3 personas	2 m ²	150 litros
Entre 3 y 4 personas	2 – 3 m ²	200 litros
Entre 5 y 6 personas	3 – 4 m ²	300 litros

Esta selección dependerá también de los usos y costumbres de los usuarios (tiempo de permanencia en la ducha, realización de baños de inmersión, etc.) por lo que debe hacerse un relevamiento antes de la elección de la capacidad del sistema solar.

2.1.5. Instalación

La instalación de los Sistemas Solares Térmicos es crucial para el correcto funcionamiento del equipo. Resulta necesario respetar las normas técnicas de instalación y realizar una apropiada implementación de las protecciones hidráulicas y del tendido sanitario en cada instalación.

Cada equipo compacto es comercializado en un formato definido cuya provisión incluye todos los accesorios y estructuras listas para su funcionamiento. La tarea esencial del instalador consiste en armar las partes del equipo compacto según lo especifica el fabricante, conectar la entrada de agua fría, la salida de agua caliente, las protecciones de seguridad y finalmente conectar la salida de agua caliente al sistema de apoyo a gas o electricidad.

Debido a que hay diversas tecnologías de apoyo auxiliar, habrá diferentes formas de conexionado. La instalación de un equipo compacto a los fines de una vivienda unifamiliar se describe esquemáticamente en las Figura 4.

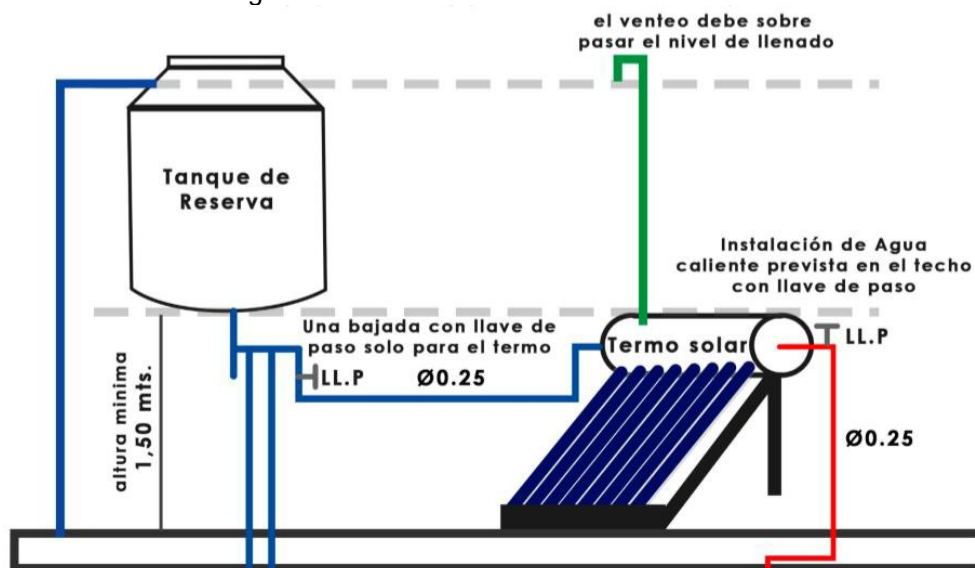


Figura 4. Esquema de instalación de un sistema compacto no presurizado con tanque de reserva. Fuente: elaboración propia.

Los requisitos para poder instalar un sistema solar compacto no presurizado son: que la vivienda cuente con un tanque de agua elevado, bajada de agua fría independiente al termotanque solar y el equipo debe estar orientado al norte (o tener hasta +/- 30° de desviación).

Para los sistemas solares compactos presurizados, los requisitos son que haya una bajada de agua fría independiente al termotanque solar y que el equipo se encuentre orientado al norte (o tener hasta +/- 30° de desviación). La bomba presurizadora no debe superar la presión máxima admisible que indica el fabricante.

2.1.6. Operación y Mantenimiento

Para asegurar la correcta operación y funcionamiento del sistema solar se realizará mantenimiento preventivo y correctivo.

El mantenimiento preventivo consiste en al menos una visita anual del técnico capacitado en la que se deben realizar las siguientes tareas: Verificación del estado del venteo (en caso de los termotanques no presurizados), de la válvula de seguridad (termotanques presurizados), el ánodo de magnesio, lavado del termotanque, tratando de retirar la mayor cantidad de sarro posible, chequeo de los o-rings y aislaciones y chequeo de la instalación en general.

2.2. Viabilidad Económico-financiera

2.2.1. Inversión inicial necesaria

La inversión inicial de los sistemas solares térmicos está dada por el equipo solar, las cañerías y válvulas de conexión necesarias, la mano de obra de instalación y la adaptación de la instalación existente.

Para el análisis económico financiero se selecciona un sistema compacto no presurizado de 200 litros (correspondiente al de un usuario tipo) de tubos de vidrio, por ser la tecnología más económica y difundida en el mercado.

Tabla 2. Componentes de la inversión inicial.

Inversión Inicial	Monto (Pesos)
Termotanque de tubos no presurizado 200 lts	35.000
Ánodo de magnesio	500
Materiales de instalación	3.000
Mano de obra de instalación	5.000
TOTAL	43.500

Calefón clase A sin piloto	20.000
Termotanque clase A	16.000

2.2.2. Beneficios obtenidos

Como se explicó anteriormente, la eficiencia de los sistemas solares térmicos depende de la radiación solar. En épocas de verano o primavera, el sistema solar puede proveer el 100% de las necesidades de agua caliente sanitaria. No obstante, en épocas frías de baja irradiación o bien en días nublados, no podrá proveer suficiente energía para satisfacer la demanda. Por este motivo, es necesario contar con un sistema de apoyo que permita al usuario tener la seguridad de estar siempre abastecido de agua caliente sanitaria. Los sistemas de apoyo pueden utilizar gas o electricidad para esta función.

Al sistema conformado por un sistema solar térmico y un sistema de apoyo a gas o eléctrico, se lo conoce como sistema solar híbrido.

Es necesario considerar la eficiencia del sistema de apoyo para su uso en solar térmica. El uso de termotanques o calefones convencionales de baja eficiencia como sistemas de apoyo conlleva a una baja de eficiencia del sistema completo, dado que los mismos poseen una llama piloto que se mantiene encendida independientemente de si el agua del equipo solar está caliente o no. Adicionalmente a ello, el gas quemado no transmite el 100% de su energía sino solo una parte de ella. Por este motivo, el sistema de apoyo siempre influirá sobre el total de energía solar aprovechada.

La correcta selección de un equipo de apoyo tiene prácticamente la misma influencia que la correcta selección del equipo solar.

En la figura 5 se muestran los consumos de gas natural (GN) en el calentamiento de agua sanitaria usando distintas tecnologías. La variación del consumo diario de Gas Natural para abastecer agua caliente sanitaria con diferentes configuraciones de equipamiento es muy notable y está indicado en la barra. Los ahorros que un sistema solar híbrido (solar + apoyo) puede aportar son muy significativos si se utiliza como apoyo un calefón modulante sin piloto, clase A. Asimismo, un calefón clase A, consume menos que un sistema híbrido con termotanque E de respaldo. Las barras amarillas indican los sistemas híbridos solar-gas, y las celestes, los artefactos a gas.

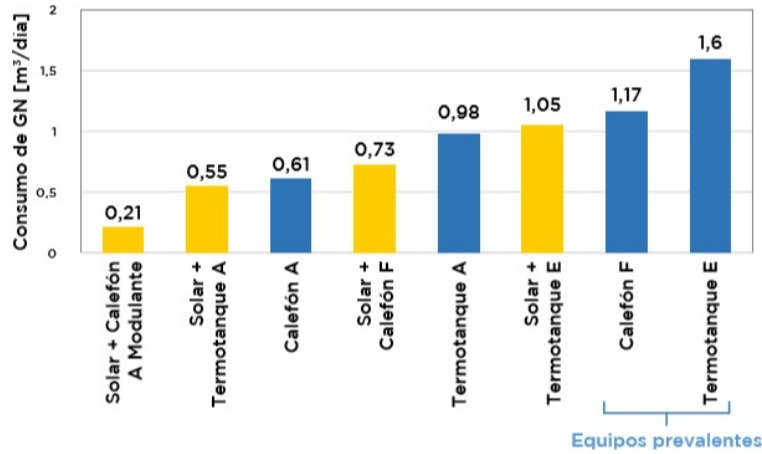


Figura 5. Consumos de gas natural (GN) en el calentamiento de agua sanitaria usando distintas tecnologías [2].

En el caso de las zonas que no tienen gas natural, lo más eficiente es complementar el sistema solar con un termotanque eléctrico. Utilizando un sistema solar con un termotanque eléctrico clase A (30mm de aislación) se obtiene un ahorro del 85% respecto a la energía consumida en KWh/día por un termotanque a gas clase E. [2].

2.2.3. Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento están dados fundamentalmente por la visita anual del técnico especializado, según lo detallado en el estudio de viabilidad técnica. El costo de esta visita según un relevamiento del mercado, incluyendo un ánodo de magnesio es de \$1500 al año.

2.2.4. Indicadores de conveniencia

Considerando los beneficios por ahorro en costos, la inversión inicial necesaria y los costos de operación y mantenimiento, se realiza un análisis financiero, con un flujo de fondos sencillo, de un sistema solar térmico para proveer de agua caliente sanitaria una vivienda familiar tipo.

Considerando una inversión inicial de \$43.500, un costo de mantenimiento anual de \$1500, un Cargo Variable Gas Natural tarifa Residencial R2-2 de 10,11\$/m³, un cargo variable de \$40/kg de gas envasado y un costo de \$3/KWh. Se simulan escenarios para un termotanque solar y las distintas tecnologías de apoyo existentes.

Se considera un horizonte de evaluación de veinte años por ser la vida útil tecnológica estimada de estos equipos. Los escenarios se evalúan para dos tasas de descuento, 5% y 10%, como se indica en las siguientes tablas.

Tabla 3. Indicadores de rentabilidad Termotanques a gas vs Termotanques a gas y Termotanque solar.

Tecnología	Termotanque Clase E			Tecnología	Termotanque Clase A		
Consumo GN (m3/día)	1,6			Consumo GN (m3/día)	0,98		
Sistema híbrido	Termotanque Clase E + Termotanque solar no presurizado			Sistema híbrido	Termo Clase A + Termotanque solar no presurizado		
Consumo (m3/día)	1,05			Consumo (m3/día)	0,55		
Ahorro GN (m3/día) p.c. 9300 Kcal/hora	0,55			Ahorro GN (m3/día) p.c. 9300 Kcal/hora	0,43		
Ahorro Genvasado (m3/día) p.c. 11900 Kcal/Kg	0,429			Ahorro Genvasado (m3/día) p.c. 11900 Kcal/Kg	0,34		
Ahorro en costos GN (\$/año)	2.030			Ahorro en costos GN (\$/año)	1.587		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	-\$ 36.900	TIR	-	VAN (5%)	-\$ 42.599	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 38.991	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 42.840	TIR	-
Ahorro en costos G env (\$/año)	6.263			Ahorro en costos G env (\$/año)	4.897		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	\$ 15.862	TIR	9%	VAN (5%)	-\$ 8.242	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 2.946	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 17.663	TIR	-

Tabla 4. Indicadores de rentabilidad Calefones a gas vs Calefones a gas y Termotanque solar.

Tecnología	Calefón Clase F			Tecnología	Calefón Clase A		
Consumo GN (m3/día)	1,17			Consumo GN (m3/día)	0,61		
Sistema híbrido	Calefón Clase F + Termotanque solar no presurizado			Sistema híbrido	Calefón Clase A + Termotanque solar no presurizado		
Consumo (m3/día)	0,73			Consumo (m3/día)	0,21		
Ahorro GN (m3/día) p.c. 9300 Kcal/hora	0,44			Ahorro GN (m3/día) p.c. 9300 Kcal/hora	0,40		
Ahorro Genvasado (m3/día) p.c. 11900 Kcal/Kg	0,34			Ahorro Genvasado (m3/día) p.c. 11900 Kcal/Kg	0,31		
Ahorro en costos GN (\$/año)	1.624			Ahorro en costos GN (\$/año)	1.476		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	-\$ 41.959	TIR	-	VAN (5%)	-\$ 43.798	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 42.447	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 43.704	TIR	-
Ahorro en costos G env (\$/año)	5.011			Ahorro en costos G env (\$/año)	4.555		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	\$ 251	TIR	5,1%	VAN (5%)	-\$ 5.425	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 13.611	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 17.489	TIR	-

Como es de suma importancia en el diseño del sistema la correcta selección del sistema de apoyo, también se evaluaron los casos de cambiar la tecnología existente en el domicilio por un termotanque a gas clase A o un calefón clase A. Considerando un costo de \$20.000 para un calefón clase A y \$16.000 para un termotanque clase A. Los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 5. Indicadores de rentabilidad adquiriendo Termotanque y calefón clase A.

Tecnología	Termotanque Clase E			Tecnología	Calefón Clase F		
Consumo GN (m3/día)	1,6			Consumo GN (m3/día)	1,17		
Sistema híbrido	Termo Clase A + Termotanque solar no presurizado			Sistema híbrido	Calefón Clase A + Termotanque solar no presurizado		
Consumo (m3/día)	0,55			Consumo (m3/día)	0,21		
Ahorro GN (m3/día) p.c. 9300 Kcal/hora	1,05			Ahorro GN (m3/día) p.c. 9300 Kcal/hora	0,96		
Ahorro Genvasado (m3/día) p.c. 11900 Kcal/Kg	0,82			Ahorro Genvasado (m3/día) p.c. 11900 Kcal/Kg	0,75		
Ahorro en costos GN (\$/año)	3.875			Ahorro en costos GN (\$/año)	3.543		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	-\$ 34.852	TIR	-	VAN (5%)	-\$ 42.299	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 41.438	TIR	-	VAN (10%)	-\$ 47.964	TIR	-
Ahorro en costos G env (\$/año)	11.957			Ahorro en costos G env (\$/año)	10.932		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500			Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	\$ 49.044	TIR	-	VAN (5%)	\$ 34.406	TIR	-
VAN (10%)	\$ 20.040	TIR	-	VAN (10%)	\$ 8.244	TIR	-

Analizando la opción de termotanque eléctrico vs termotanque solar + termotanque eléctrico se obtienen los siguientes resultados (considerando un consumo mensual de 122KWh/mes).

Tabla 6. Indicadores de rentabilidad para termotanque eléctrico vs termotanque eléctrico y solar.

Tecnología	Termotanque eléctrico		
Consumo (KWh/día)	4,07		
Sistema híbrido	Termotanque eléctrico + Termotanque solar no presurizado		
Consumo (KWh/día)	3,09		
Ahorro (KWh/día)	0,98		
Ahorro en costos GN (\$/año)	1.069		
Costo de OyM (\$/año)	-1.500		
VAN (5%)	-\$ 48.875	TIR	-
VAN (10%)	-\$ 47.172	TIR	-

3. CONCLUSIONES

Se identificaron las variables relevantes en proyectos de generación de agua caliente sanitaria a partir de energía solar térmica, desde la una perspectiva técnica, tales como lugar de emplazamiento, consumo a abastecer, tecnología a utilizar, dimensionamiento del sistema, instalación y operación y mantenimiento. Desde la perspectiva económica es necesario considerar fundamentalmente tres variables relevantes, la inversión inicial, el beneficio en ahorro energético y los costos de operación y mantenimiento.

Considerando los altos costos de inversión inicial de los sistemas solares térmicos en comparación con los sistemas de calentamiento de agua convencionales y la falta de incentivos económicos y financieros se obtuvieron indicadores negativos para los usuarios de termotanques y calefones eléctricos o a gas natural.

En el caso de dichos usuarios de termotanques o calefones eléctricos y a gas natural se requiere de incentivos económicos y financieros a la par de subsidios para la adquisición de sistemas híbridos. La razón por la que el país o el gobierno debería impulsarlos es que en el nivel nacional se ahorra gas y electricidad y se reduce la necesidad de ampliar redes de distribución.

La tecnología de sistemas solares térmicos, combinados con equipos a GLP (Gas Licuado de Propano, gas envasado) de alta eficiencia, calefones modulantes Clase A, puede ser una alternativa muy atractiva para llevar servicios energéticos a comunidades dispersas, de poca densidad y bajos recursos, ya que al ser comunidades dispersas y de poco consumo, los costos de las redes son muy altos y difícil de amortizarse. Al aumentar la eficiencia de los equipos, tanto la duración como el costo del GLP pueden disminuir significativamente.

Por lo discutido anteriormente, resulta claro que sería mucho más beneficioso para el país en general y para el sistema energético nacional, subsidiar la eficiencia y el desarrollo de la energía solar térmica en lugar de subsidiar el gas o la electricidad. El subsidio al gas y la luz inhibe cualquier desarrollo de otras alternativas energéticas, no estimula la producción local e incita a un uso no racional de la energía. Por lo tanto, siguiendo la política desarrollada en muchos países, sería preferible subsidiar la eficiencia y las energías renovables en lugar del consumo.

4. REFERENCIAS

- [5] Energía, S. d. (2019). Manual Introducción a la energía solar térmica. Argentina.
- [7] Energía, S. d. (2019). Sistemas Solares Térmicos Compactos para Agua Caliente Sanitaria. Dimensionamiento e Instalación. . Argentina.
- [6] F., G. W. (2015). "Solar Heat Worldwide" de la IEA Solar Heating & Cooling Programme.
- [4] INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Vivienda, hogares y hábitat. . (s.f.). Obtenido de <http://www.indec.gov.ar>
- [2] L. Iannelli, R. P. (Junio 2017). Eficiencia en el calentamiento de agua Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos. Petrotecnia, revista de IAPG.
- [1] Martínez, P. R. (2011). Energía Solar Térmica: técnicas para su aprovechamiento. España: Marcombo.
- [3] Righini, H. G. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Argentina.

Salimbeni, Sergio; Bianchi, Sebastián*

Instituto de Ciencia y Tecnología, Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador
sergio.salimbeni@usal.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo forma parte del proyecto: "Estado actual y factores clave para la evolución de la industria nacional hacia la industria 4.0" (proyecto de investigación PI.1939 de la USAL 2019-2020). Nuestras hipótesis de trabajo son: (H1) la migración hacia la Industria 4.0 en las empresas argentinas sería muy costosa en un inicio, por lo que se prevé solo para casos muy puntuales, al menos en el próximo lustro; (H2) se requiere una fuerte inversión en recursos humanos y un cambio en la modalidad del trabajo en la industria; (H3) los obstáculos hoy en día son: la falta de personal calificado y la carencia de infraestructura interna para poner estas tecnologías en funcionamiento. La gestión de la calidad en la industria argentina se verá afectada, justamente, por el cambio de paradigma en la producción y la necesidad de capacitación en diferentes disciplinas. Los principales pilares de la industria 4.0 son: el IoT (Internet of Things), los CPS (Cyber physical systems) y la AI (Artificial Intelligence). El proceso de monitoreo y control en múltiples procesos de producción, a través de la sensorización en tiempo real, es lo que permite la Analítica Predictiva, la cual impactará en la Gestión de la Calidad de la cadena productiva. Los trabajadores 4.0 necesitarán incorporar nuevas habilidades transversales tales como: ingeniería de procesos de negocios e industrial, análisis de datos y trabajo en equipos multidisciplinarios.

Palabras Claves: Quality 4.0 – Smart Quality - Industry 4.0 - Smart Factory – Analytics - Internet of Things - Fourth Industrial Revolution

ABSTRACT

This current work is part of the project: "Current status and key factors for the evolution of the national industry towards industry 4.0" (research project PI_1939 of the USAL. 2019-2020). Our working hypotheses are: (H1) Migration to Industry 4.0 in Argentine companies would be very expensive at the beginning, so it is expected only for very specific cases, at least in the next five years; (H2) a strong investment in human resources and a change in the way of work in the industry is required; (H3) the obstacles today are: lack of qualified personnel and lack of internal infrastructure to put these technologies into operation. Quality management in the Argentine industry will be affected, precisely, by the paradigm shift in production and the need for labor training in different disciplines. The main pillars of industry 4.0 are: IoT (Internet of Things), CPS (Cyber physical systems) and AI (Artificial Intelligence). The process of monitoring and control in multiple production processes, through real time sensorization, is what allows Predictive Analytics, which will impact the Quality Management of the production chain. 4.0 workers will need to incorporate new transversal skills such as: business and industrial process engineering, data analysis and work in multidisciplinary teams.

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es uno de los resultados de nuestro proyecto de investigación: "Estado actual y factores clave para la evolución de la industria nacional hacia la industria 4.0" (PI.1939 de la USAL. 2019-2020). En nuestra hipótesis de trabajo, hemos definido que la migración hacia la Industria 4.0 en las empresas argentinas sería muy costosa en un inicio, debido a que se requeriría una fuerte inversión en recursos humanos y un cambio en la modalidad del trabajo en la industria, como consecuencia de los obstáculos más sobresalientes que hoy en día existen, entendiendo que los mismos son la falta de personal calificado y la carencia de infraestructura interna para poner estas tecnologías en funcionamiento. La gestión de la calidad en la industria argentina se verá afectada positivamente por la utilización de nuevas tecnologías y el consecuente cambio de paradigma en la producción y la necesidad de capacitación en diferentes disciplinas.

“La aceleración del cambio tecnológico afecta el diseño de los nuevos servicios y productos y los procesos de una empresa: muchas oportunidades surgen de los adelantos en la tecnología de computación, como los robots y varias formas de tecnología informática.” [1] (Krajewski, Ritzman y Malhotra. 2008. P.16)

El denominado IoT (Internet of Things), los CPS (Cyber physical systems) y la AI (Artificial Intelligence) son los principales pilares de la industria 4.0. El proceso de monitoreo y control en múltiples procesos de producción, a través de la sensorización en tiempo real, es lo que permite la Analítica Predictiva, la cual impactará en la Gestión de la Calidad de la cadena productiva. Los trabajadores 4.0 necesitarán incorporar nuevas habilidades transversales tales como: ingeniería de procesos de negocios e industrial, análisis de datos y trabajo en equipos multidisciplinarios.

1.1. Objetivos de la Investigación

El presente estudio tiene como objetivo examinar la conciencia, la preparación y la capacidad de las empresas y sus colaboradores para encarar la migración hacia la Industria 4.0, así como las mejoras plausibles en la rentabilidad de las mismas. Los objetivos específicos son: (1) cualificar las mejoras en la rentabilidad de las empresas con la migración a la Industria 4.0, (2) definir las nuevas modalidades de trabajo y qué tipo de competencias serían necesarias en los nuevos ingenieros y personal calificado, (3) identificar qué tipo de formación profesional sería necesaria para el trabajador 4.0 y (4) determinar qué tipo de infraestructura, fundamentalmente tecnológica, debería ser mejorada.

1.2. Metodología

1.2.1. Enfoque.

La metodología utilizada se basa en un enfoque mixto [2] (Hernández Sampieri, Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, 2010) y desde la perspectiva de la ingeniería industrial. El alcance de la investigación es exploratorio y descriptivo, con observación participante y cuestionario estructurado. Respecto del diseño, es no experimental, transaccional y de tipo exploratorio.

La metodología para el marco teórico: fichas de lectura, método de mapeo, mapa conceptual.

La evaluación, recolección y análisis de datos se realiza conforme las siguientes preguntas de investigación: Q1. ¿En qué medida podría mejorar la rentabilidad de la empresa argentina con la migración hacia el modelo de Industria 4.0? Q2. ¿Cuáles serían las nuevas modalidades de trabajo y qué tipo de competencias serían necesarias en los nuevos ingenieros y personal calificado? Q3. ¿Qué tipo de infraestructura debería ser mejorada? Q4. La formación continua ¿ayudaría al cambio?

1.2.2 Trabajo en campo. Unidades de análisis y respuesta.

Para la etapa cualitativa: como unidad de respuesta y de análisis se toman 10 empresas industriales, siendo 50% de ellas pyme.

Para la etapa cuantitativa: se toma como unidad de análisis a 100 empresas industriales, 50% pyme, ubicadas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Gran Buenos Aires.

Unidad de respuesta: supervisores y gerentes de planta, producción, logística y administración.

1.2.3. Técnicas de recolección de datos.

Etapa cualitativa: entrevistas en profundidad. Las entrevistas en profundidad son un aporte para el aprendizaje del investigador sobre circunstancias que éste no puede observar directamente, por ello sus interlocutores en estas conversaciones son verdaderos, colaborando no solamente con el aporte de sus puntos de vista sino con el conocimiento sobre “lo que sucede y el modo en que otras personas lo perciben” [3] (Taylor & Bogdan, 1987, p.103).

Etapa cuantitativa: encuesta. Este tipo de entrevista estandarizada se lleva a cabo por medio de un cuestionario estructurado lo que permite comparar distintas respuestas ante la misma pregunta y cuantificar cada uno de los resultados obtenidos [4] (García Ferrando, 1996, p.178). Por medio de esta técnica se procura validar las hipótesis.

1.2.4. Muestras.

Etapa cualitativa: se recurre a la estrategia del muestreo teórico para seleccionar las industrias y personas a entrevistar [5] (Glaser & Strauss, 1967). Desde esta perspectiva el número de casos estudiados carece de importancia como lo subrayan [3] (Taylor & Bogdan, 1987). Según [6] (Valles, 2002, p.72), “la clave está en el criterio maestro de la heterogeneidad y en el carácter flexible, iterativo, continuo del muestreo cualitativo”.

Etapa cuantitativa: la encuesta se administra a un grupo de industrias / personas denominado la muestra, con la pretensión de identificar tendencias en actitudes, opiniones, comportamientos o características de un grupo más grande de individuos denominados la población [7] (Creswell, 2009). Para la obtención de los contactos se sigue la siguiente secuencia: (a) se envía la encuesta a 100 contactos de 100 industrias diferentes; (b) se espera obtener finalmente al menos 50 casos que respondan en forma completa y válida la encuesta (n=50).

1.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis.

Etapa cualitativa. El análisis sigue el enfoque de [7] (Creswell, 2009).

Etapa cuantitativa. La plataforma “e-encuesta” se utilizará para la realización de las encuestas web generando una matriz de datos de las respuestas. La misma se convierte para su posterior procesamiento con hoja de cálculo.

1.2.6. Planificación y ejecución de la investigación.

Recursos: el diseño metodológico, la elaboración de los instrumentos de recolección de datos, la realización del trabajo de campo, el procesamiento y el análisis están a cargo del equipo de investigación. Se cuenta con la colaboración de alumnos practicantes para lograr acceder a un número mayor de encuestas.

Lugar de realización de la investigación: las entrevistas en profundidad y las encuestas web se dirigen a empresas industriales pequeñas, medianas y grandes (en cantidades proporcionales) localizadas en el área metropolitana de Buenos Aires.

Fechas del trabajo:

Marco teórico y etapa cualitativa, fase 1: agosto de 2018 a julio de 2019.

Etapa cuantitativa: agosto 2019 a diciembre de 2019.

1.3. Industria 4.0

Hacia fines del siglo XVIII con la invención de la máquina a vapor y su impacto en la industria textil y el transporte, se dice que comienza la 1ª revolución industrial. En el siglo XIX, la explotación del petróleo y el uso de la electricidad inician la 2ª revolución industrial. La denominada 3ª revolución industrial, a mediados del siglo XX, fue determinada por la invención del semiconductor, las tecnologías digitales y luego Internet. La comunicación autónoma entre distintos dispositivos o máquinas sin intervención humana denominada M2M (machine to machine), los sistemas ciberfísicos y la inteligencia artificial, inauguran una nueva era: la 4ª Revolución Industrial.

Dentro del concepto “Industria 4.0”, suelen encontrarse tecnologías tales como: IoT (Internet of Things), IoD (Internet of Devices), IoS (internet of Services), IoP (Internet of People), IoE (Internet of Energy) e IoNT (Internet of Nano Things). Algunas de las aplicaciones prácticas son: Smart City, Smart Home, Smart Product y Smart Mobility, entre otras.

Hace más de una década que Alemania impulsa como política para el desarrollo industrial la transformación digital, acuñando el término Industria 4.0. En otros países, fundamentalmente fuera de Europa y encabezado por los Estados Unidos, se la conoce como “Smart Factories” (Fábricas Inteligentes).

Industria 4.0 es un término conocido por muchas de las industrias argentinas, principalmente entre las medianas y grandes. Como referencia se puede citar que en el año 2015 en Alemania, cuna de la Industria 4.0, tan sólo un tercio de la industria conocía el concepto Industria 4.0 [8] (Sommer, 2015).

Actualmente, los países europeos, fundamentalmente Alemania y los nórdicos, han logrado integrar tecnología a sus líneas de producción, principalmente en los pilares de la industria 4.0: el IoT y la sensorización, los sistemas Ciberfísicos y la Inteligencia Artificial. También países asiáticos, como China y su desarrollo en AI, están logrando notables avances en este sector.

En la Argentina, salvo en ciertos mercados verticales específicos, como la industria automotriz y farmacéutica, es muy escaso lo que podría encontrarse dentro del marco Industria 4.0. Por su parte, las pyme argentinas encuentran varios escollos en el camino hacia la transformación digital.

Durante un encuentro convocado por la Cámara de Empresas del Parque Industrial de Pilar, en ocasión de discutir el tema de Industria 4.0 (6 de agosto de 2019) los responsables de dichas empresas mencionan que la inversión necesaria y falta de capacitación del personal entorpecen el camino hacia la Transformación Digital. El [9] Presidente de la Cámara, Lic. Jorge Alonso dice “debemos difundir estas nuevas tecnologías y fundamentalmente acompañar a la formación de los nuevos trabajadores 4.0 a través de estos encuentros”.

1.4. Gestión de la Calidad

El término “Calidad” es muchas veces empleado con el significado de excelencia de un producto o servicio [10] (Oakland, 2002, p.15). Calidad es simplemente el cumplimiento de las exigencias del cliente, lo cual ha sido expresado de diversas maneras por distintos autores.

Mientras Joseph Juran, uno de los más destacados especialistas en la materia, dice simplemente que la Calidad es la adecuación a la finalidad o uso, William Edwards Deming, declara que la calidad debe tener como objetivo las necesidades presentes y futuras del usuario. Por su parte, Phil Crosby, otro de los especialistas en el tema, definía que la Calidad es la conformidad con las exigencias.

Otro aspecto para tener en cuenta es que, en variadas ocasiones, se toman como sinónimos Calidad y Confiabilidad [10] (Oakland, 2002, p.15). Confiabilidad es la capacidad que el producto o servicio tiene para atender las exigencias del cliente en un determinado período. La gestión de la Calidad Total precisa de ambas: de la calidad y la confiabilidad.

La ingeniería de la calidad, creada por Taguchi, es un enfoque en el que la ingeniería se combina con métodos estadísticos con el objetivo de reducir los costos y mejorar la calidad, optimizando el diseño de productos y los procesos de manufactura [1] (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p.203). Durante el proceso de gestión de la calidad, la pregunta que normalmente se hace es: ¿hicimos correctamente el trabajo? Esto se refiere al pasado; cualquier defecto que se haya encontrado precisará irremediablemente un retrabajo. La pregunta anterior debe ser reemplazada por: ¿somos capaces de hacer el trabajo correctamente? El enfoque de proceso es el que permite la mejora continua [10] (Oakland, 2002, p.30).

Por su parte, Joe Juran, uno de los fundadores de la gestión de la calidad total (TQM), fue uno de los primeros en proponer la utilización de patrones de comparación y costeo de la calidad y fue también quien popularizó el principio de Pareto para estas aplicaciones, aunque él es más recordado por desarrollar la trilogía de la Calidad, la cual está compuesta por tres procesos gerenciales: planificación de la calidad, mejora de la calidad y control de la calidad [11] (McGrath, Bates, 2014, p.198). Esta trilogía se vincula con el ciclo virtuoso de la mejora continua conocido, por sus siglas en inglés como ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act). Deming, quien fue el que trabajó en esa dirección, detectó ciertos vicios que en general se daban en la industria occidental. El núcleo del trabajo de Deming es lo que él denominó las “Enfermedades fatales que infectaron a la industria occidental” [11] (McGrath, Bates, 2014, p.198). Él desarrolla cuáles son a su criterio esas “7 enfermedades”, a saber: (1) la falta de objetivos constantes para el largo plazo, (2) el énfasis en la búsqueda de ganancias en el corto plazo, (3) la evaluación del desempeño individual que perjudica el trabajo en equipo, (4) los constantes cambios a nivel gerencial, lo cual no permite alcanzar objetivos de largo plazo, (5) el manejo de la empresa basándose únicamente en números, (6) costos en salud excesivos de los empleados (perspectiva desde los Estados Unidos) y (7) costos excesivos por garantías debido a la insatisfacción de los clientes.

Calidad, es un proceso de mejora continua. Debido a ello se usa el método de gestión iterativo de cuatro pasos PDCA, el cual es aplicado en las organizaciones para el control y la mejora continua de procesos y productos. Como se ha mencionado, se lo conoce también como círculo, ciclo o rueda de Deming, ciclo de Shewhart, círculo o ciclo de control, o PDSA (Plan-Do-Study-Act). El concepto –y su posterior aplicación- fue presentado en un principio al Dr. Deming por su mentor, Walter Shewhart, de los famosos laboratorios de la Bell en Nueva York.

Otra versión de este ciclo PDCA es el OPDCA, donde la “O” agregada corresponde a la Observación. Este énfasis en la observación y la condición actual tiene relación con el Sistema Lean Toyota de producción [12] (Rother, Mike (2010). Actualmente, el Instituto Deming lo define como el PDSA. El Ciclo PDSA es una serie sistemática de pasos para obtener un aprendizaje valioso y conocimientos para la mejora continua de un producto o proceso. El ciclo comienza con el paso “Plan”; esto implica identificar una meta o un propósito, formular una teoría, definir métricas de éxito, y poner pasos en acción. A estas actividades le sigue la fase “Do”, en el que se implementan los componentes del plan, como por ejemplo, la fabricación de un producto. Luego viene el paso del estudio o de chequeo, donde los resultados se monitorean para probar la validez del plan dando signos de progreso y éxito o problemas y áreas de mejora; esta fase “Check” es la que evalúa las brechas, los desvíos entre los resultados reales y lo planificado. El cuarto paso, “Act”, cierra el ciclo de la mejora continua, integrando el aprendizaje generado por todo el proceso, el cual es utilizado para ajustarlo al objetivo disminuyendo los desvíos, cambiar los métodos, o incluso reformular una teoría por completo. Estos cuatro pasos se repiten una y otra vez como parte de un ciclo interminable de mejora permanente.

Walter Shewhart desarrolló este modelo en la década de 1930, el cual fue luego ampliamente utilizado por Deming y otros especialistas con el fin de implementar programas de mejora de la calidad. Cabe destacar que en este modelo el ciclo es un abordaje sistemático, para enfatizar y necesariamente transitar por esas cuatro fases. Continuando con el concepto de la mejora continua, debe mencionarse la teoría Kaizen.

“Kaizen significa mejoramiento. Más aún, Kaizen significa mejoramiento progresivo que involucra a todos, incluyendo tanto a gerentes como a trabajadores. La filosofía de Kaizen supone una forma de vida, sea vida de

trabajo, social o familiar, merece ser mejorada de forma constante"[13] (Masaaki, 2004).

Cuando se aplica al trabajo, Kaizen significa mejora continua que involucra a todos, gerentes y trabajadores por igual. La estrategia de Kaizen es el concepto de mayor importancia en la administración japonesa. Kaizen incluye diversas herramientas y prácticas, conociéndose al conjunto como "El paraguas de Kaizen" [13] (Masaaki, 2004) el cual consta de: Orientación al cliente, TQM, Círculos de Calidad, Automatización, Disciplina, Sistema de Sugerencias, Mantenimiento total del producto, Kanban, Mejoramiento de la calidad, Justo a Tiempo (JIT), Cero defectos (6 Sigma), Actividades en grupos pequeños, Mejoramiento de la productividad y Desarrollo de nuevos productos.

Respecto de la metodología 6 Sigma, se puede decir que no sólo es una herramienta estadística, sino como dice el autor [14] Rotondaro (2002) "6 Sigma es una metodología estructurada que mejora la calidad por medio de la mejora continua de los procesos envueltos en la producción de un bien o servicio".

Existe una controversia entre los seguidores de Lean y de 6 Sigma; cuál de ellos se aplican, o, en caso de aplicar ambos, ¿en qué orden?

"A veces surge la cuestión de si es mejor primero optimizar un proceso sin remover los pasos que no agregan valor utilizando 6 Sigma, o primero eliminar los pasos que no adicionan valor a través de Lean y entonces optimizar el proceso a través de 6 Sigma... la respuesta es hacer las dos cosas simultáneamente..." [15] (George, 2004, p.66)

En el libro "Quality is Free", [16] Phil Crosby discutió los costos en términos de reclamos de garantía y malas relaciones públicas para las organizaciones, provenientes ellas de la mala calidad de un bien. En el modelo propuesto por [16] Crosby (1979), conocida también como grilla o matriz de Crosby, se establecen cinco fases sucesivas de maduración de calidad: (1) incertidumbre: no saber por qué se tiene un problema de calidad, creando así una tendencia a culpar a otros. (2) Despertar: cuestionar si es necesario siempre tener problemas de calidad, pero no estar dispuesto a dedicar los recursos exigidos para abordar el problema. Aunque la gestión de la calidad puede ser valiosa, la organización no está dispuesta a comprometer recursos. (3) Esclarecimiento: por medio de buena gestión y dedicando recursos suficientes para comenzar a resolver problemas. (4) Sabiduría: creer en el valor de la prevención de defectos, como parte de todas las operaciones. (5) Certeza: saber por qué no se tienen problemas de calidad. [16] (Crosby, 1978).

Crosby argumentó que una organización que estableciera un programa de calidad ahorraría, durante los procesos, una cantidad de dinero que compensaría con holgura el costo de dicho programa. El principio fundamental de la creencia de Crosby era "hacer lo correcto en la primera vez", que él creía que sólo era cumplido cuando una organización alcanzaba un nivel de madurez operacional. Para alcanzar dicha madurez, las organizaciones e individuos debían transitar por esas cinco etapas. La idea principal de la grilla de madurez propuesto por Crosby es describir el comportamiento típico mostrado por una organización en un número de niveles o grados de consolidación de buenas prácticas, para cada criterio en estudio, codificando lo que puede ser considerado como buena práctica, así como formas de transición de un nivel a otro; así, los modelos de madurez permiten a los gestores identificar una trayectoria lógica y progresiva para el desarrollo organizacional.

En cuanto a mejores prácticas para la mejora de la calidad, [13] Masaaki (2004) define catorce pasos, a saber: (1) compromiso de gestión con énfasis en la prevención de defectos y visibilidad.

(2) Equipos de mejora de la calidad compuestos por miembros de cada departamento o función con todas las herramientas necesarias. (3) Medición de la calidad para monitorear el estado y la mejora de las actividades. (4) Costo de la evaluación de la calidad para tener control preciso de los valores. (5) Sensibilización para la calidad mediante la comunicación del costo de la calidad. (6) Acción correctiva para incorporar el hábito de identificar problemas y poder corregirlos. (7) Un comité ad-hoc para defender la teoría de "cero defectos". (8) Formación de un supervisor para que todos los gestores comprendan los programas y puedan explicarlos. (9) "Día cero defectos" para establecer "cero defectos" como el estándar organizacional. (10) Definición de objetivos en equipos, específicos y mensurables. (11) Eliminar las causas de defectos, según lo descrito por los trabajadores individuales, para que la gente sepa que sus problemas son escuchados y respondidos. (12) Reconocimiento genuino para la realización. (13) Consejos de calidad de profesionales de calidad y equipos para información de estado e ideas. (14) Hágalo nuevamente; la repetición hace que el programa sea perpetuo.

Herramientas de la Gestión de la calidad: La Calidad 3.0 continúa utilizando las técnicas y herramientas tradicionales para la resolución de problemas. Existen dos situaciones: la primera es cuando se conocen datos históricos, y la segunda es cuando no se disponen de todos los datos necesarios. En este primer caso, "la mayor parte de los problemas que se presentan en las áreas relacionadas con la producción [...] son las siete herramientas estadísticas para la resolución analítica" [13] (Masaaki, 2004, p.287). Ellas son: (1) Diagrama de Pareto, (2) Diagrama de causa-

efecto, (3) Histogramas, (4) Cartas de Control, (5) Diagramas de dispersión, (6) Gráficas y (7) Hojas de comprobación.

En otras ocasiones, como se dijo, no se disponen de todos los datos necesarios, por ejemplo, frente al desarrollo de un nuevo producto. En estos casos “es necesario ir más allá del enfoque analítico y usar el método de diseño para la resolución de los problemas” [13] (Masaaki, 2004, p.289). Es así como se han definido otras 7 herramientas de calidad, a saber: (1) Diagrama de relaciones, (2) Diagrama de afinidad, (3) Diagrama de árbol, (4) Diagrama matricial, (5) Diagrama matricial para el análisis de datos, (6) Carta del Programa de Decisión del Proceso y (7) Diagrama de flecha. Todas ellas más las nuevas tecnologías de la información y comunicación se aplicarán a la nueva generación de la gestión de la calidad.

1.5. Calidad 4.0

Los principios de la gestión de la calidad no sólo continúan vigentes, sino, en verdad, nada realmente nuevo ha surgido desde los postulados de los grandes especialistas. Como ya se ha mencionado, los 14 factores de Deming, la trilogía y el costo de calidad de Juran, y el programa cero defectos de Crosby con Glenn L. Martin (hoy Lockheed Martin) entre otros. No ha habido avances sustanciales en el mundo de la teoría de la calidad desde hace bastante tiempo. Lo que sí ha evolucionado radicalmente, son algunas de las herramientas que normalmente se utilizan para la gestión de la calidad, en especial el tratamiento de datos.

La calidad 4.0 es la adaptación y mejora de los principios de la calidad, debido a, y con el fin de, aplicarlos a las nuevas fábricas, las fábricas inteligentes, la Industria 4.0. La gestión de la calidad en la industria 4.0 es denominada Calidad 4.0. La misma, no es una tecnología sino un proceso utilizado para maximizar el valor para los usuarios de la tecnología [17] (Jacob, 2017).

Sin embargo, [18] Godina y Matias (2019) dicen que mejorar la precisión de las mediciones para aumentar la calidad del producto terminado podría no ser la única contribución de Industria 4.0 a la calidad general. Las herramientas de la Industria 4.0 podrían contribuir al aumento de la calidad en otras etapas de todo el proceso de producción, como la calidad de la información requerida para la optimización, planificación y operación, la calidad de la previsión, simulaciones y creación de prototipos e inclusive, podrían contribuir a una mejor participación y compromiso de los trabajadores. En resumen, se puede definir a la Calidad 4.0 como la Gestión de la Calidad aplicada a sistemas ciberfísicos, en líneas de producción flexibles, con monitoreo y captura de datos en tiempo real, lo cual permite aseguramiento de la calidad en forma inmediata y con análisis predictivo.

No solo el sistema sino la calidad de la información mejora; esto es debido a los nuevos métodos de captura y análisis de datos.

“... un sistema de información es un conjunto de componentes interrelacionados, desarrollados para coleccionar, procesar, almacenar y distribuir información para facilitar la coordinación, el control, análisis, visualización y el proceso de decisiones” [19] (Simoés Gomes; 2002; p.125)

La fortaleza de la conexión de lo digital, el servicio y los dominios físicos, definirá, en última instancia, la calidad de la información necesaria para la planificación, operación y optimización del proceso. El motivo es que cuando los datos se transmiten en tiempo real, la transparencia y la calidad de la información aumentan notablemente. Al adquirir y procesar la información del producto con alta calidad y precisión, se permite un monitoreo y una conciencia automáticos que producen como resultado un aumento en la eficiencia de todos los elementos del concepto de Industria 4.0. El proceso de producción y el sistema de gestión de la calidad, reúnen y utilizan estos tipos de datos e información novedosos para una toma de decisiones y evaluación de procesos más precisa. Tal fortaleza mejora la gestión moderna de la calidad, ya que no solo trata de evitar la producción y entrega de productos defectuosos, sino que también trata de garantizar el mayor desempeño posible con la mejor eficiencia posible para cada proceso de una empresa.

En su estudio, [20] Powell, Romero, Gaiardelli, Cimini y Cavalieri (2018) prueban que se han reducido los costos a través de la eliminación de desperdicios por el uso del “Analytics” (análisis de datos), el cual provee nuevas formas de planificar y producir, coordinando con la cadena de valor superior en el uso del principio JIT (just in time). El autor dice que estamos frente al Lean 4.0.

Mejora de la calidad del pronóstico: algunas herramientas de la Industria 4.0 podrían apoyar la mejora de la nivelación de producción (heijunka). Por ejemplo, la calidad del pronóstico podría mejorarse mediante el análisis de datos. La planificación se vuelve más fácil si el historial de datos se utiliza al mismo tiempo que los datos relacionados con un mejor entendimiento de los requisitos del cliente. Aquí, Big Data puede utilizarse para un análisis exhaustivo de los datos registrados anticipativamente y utilizarse para detectar problemas que puedan ocurrir en distintos procesos de producción; también podrían usarse para pronosticar la aparición de problemas futuros. Big Data también puede usarse para encontrar varias soluciones que pudieran evitar que los problemas antes mencionados vuelvan a ocurrir. Como consecuencia de lo anterior, surge también el concepto del mantenimiento predictivo, PdM (Predictive Maintenance), cuyo propósito principal es reducir los tiempos de parada no programados, y, consecuentemente, mejorar la productividad y reducción de

costos de producción. El PdM se ha destacado como un tema clave de la Industria 4.0 [21] (Yu-Chen, Fan-Tien & Hsien-Cheng, 2017).

Pensamiento sistémico, simulaciones y modelos: la gestión de la calidad 4.0 debe ser pensada como un sistema complejo con múltiples interacciones. El pensamiento sistémico es el estudio de las interacciones; “el pensamiento sistémico te ofrece una manera muy diferente de ver el mundo... comenzás a ver las interacciones que están presentes y que antes no observabas [22] (Jolly, 2015, p.10).

Como se ha dicho, pensar a la Gestión de la Calidad como un sistema supone descubrir lazos de retroalimentación, lo cuales sufren demoras y modifican sustancialmente el comportamiento de dicho sistema en el tiempo; “... un sistema de retroalimentación dinámico y autoajutable, no puede ser gobernado por una política estática e inflexible” [23] (Meadows, 2008., p.177).

Las actuales herramientas de simulación permiten analizar los resultados de las nuevas políticas de calidad antes de ponerlas en práctica. Se usan modelos, los cuales son representaciones limitadas del mundo real, solo para facilitar su estudio dentro de ciertas restricciones. Tal como citara el especialista:

“Sin embargo el modelado no es un sistema real, por lo que sus acciones están limitadas por el alcance de su diseño. La construcción de un modelo es tanto un arte como una ciencia. De esta manera un buen modelo debería poder simular aquellas funciones de un sistema real de suprema importancia para una aplicación dada” [24] Ghosh (2004, p.106).

Las simulaciones y los prototipos podrían permitir el uso de datos en tiempo real para emular el proceso de producción física en un modelo generado por computadora. El modelo podría incluir productos, máquinas y operadores. Esto permitirá probar y optimizar las características de la máquina, en la simulación, para el producto siguiente antes de cualquier fabricación en la vida real, por lo tanto, reduce los tiempos de configuración y aumenta la calidad general. Al emplear simulaciones de un proceso de producción, no solo ayudará a disminuir los tiempos de inactividad y los tiempos de configuración, sino que también ayudará a disminuir el número de fallas de producción en la fase de inicio. La calidad de la toma de decisiones también podría mejorarse si se utilizaran simulaciones para este propósito. Los productos también podrían mejorarse constantemente mediante el uso de simulaciones. Esto significa que cuando se desarrolla un producto, su producción podría simularse al mismo tiempo, lo que permitiría identificar obstáculos y problemas de calidad y crear la posibilidad de eliminarlos antes de que se produzca la primera pieza. Procesos: ya sea en plantas de transformación industrial como en servicios, la serie de actividades que consumen recursos para transformarlas en productos, servicios o resultados son denominados procesos. Se sugiere que los procesos estén estandarizados, ya que, tal como indican [25] Pereira Mello, Sanches da Silva, Turrioni & Gonzaga (2002, p.59), “ la estandarización busca dos objetivos básicos: (1) obtener resultados previsibles en procesos repetitivos garantizando así la calidad previsible a los clientes y (2) proporcionar y mantener el dominio tecnológico en las organizaciones.” Los principios de la industria 4.0 aplicada a servicios generan el denominado Servicio 4.0.

Por su parte, la gestión de los procesos de negocios BPM (Business Process Management) también gozan de los beneficios de las nuevas tecnologías; un ejemplo de ello es la automatización robótica de procesos de negocios denominado RPA (Robotic Process Automation). Es más habitual aplicar herramientas de simulación a procesos de negocios, utilizando representaciones estándares como la BPMN (Business Process Management Notation).

El IoT, la utilización masiva de sensores (sensorización) y las comunicaciones inalámbricas, ofrecen la oportunidad de multiplicar la cantidad de puntos de control en un proceso. Sobre cada actividad o tarea se pueden coleccionar datos, los cuales, una vez analizados, proveen información en tiempo real y permiten la toma de decisiones. Lo novedoso en este caso, es que la toma de decisiones podría ser automática, sin intervención humana, permitiendo la corrección casi instantánea de los desvíos y asegurando la calidad del proceso.

Tal como se observa en la figura 1, se coleccionan y evalúan los datos que se van tomando a partir de puntos de control sobre diferentes actividades del proceso. Esos datos son comparados con patrones, analizando posibles desvíos, siempre en tiempo real. Esos desvíos o brechas disparan acciones correctivas sobre la actividad principal, produciendo un control anticipativo y por ende una corrección preventiva sobre todo el proceso.

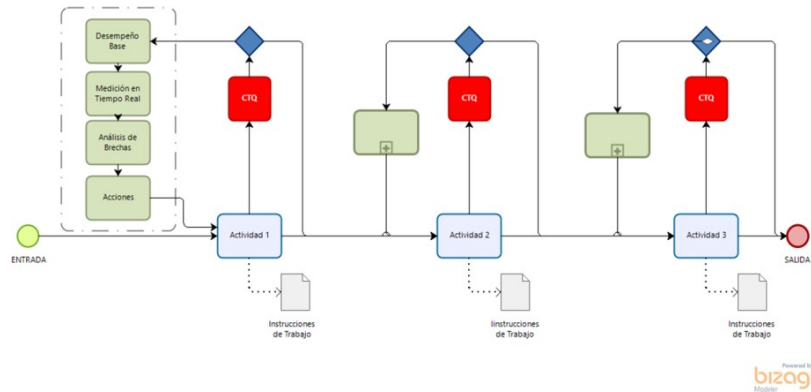


Figura1- Monitoreo y Control en tiempo real. Fuente: propia del autor

Es de imaginar que los centenares de sensores dentro de un proceso, colectando todos ellos datos en tiempo real, generan una inmensa cantidad de datos los cuales deben ser tratados en forma acorde con técnicas analíticas, interviniendo disciplinas como el BD (Big Data), ML (Machine Learning) e AI (Artificial Intelligence).

“A pesar de que la Calidad 4.0 incluye la digitalización de la gestión de la calidad, incluye también tecnologías de calidad, procesos y personas que impactan en la digitalización. La gestión de la calidad en el pasado fue desarrollada por toma de decisiones basadas en datos, pero, actualmente, la toma de decisiones basada en evidencia se ha transformado en más importante y el rol de los analistas se ha enfatizado porque se recopilan grandes cantidades de datos en tiempo real”[26](Sang, 2019).

Aquí es cuando la Ingeniería Informática y los Científicos de Datos ingresan en el mundo industrial como nunca antes lo habían hecho. Es también fundamental la participación y el compromiso de los trabajadores, cada vez más especializados y con conocimientos transversales.

La participación de los empleados en los procesos de producción es entonces otro elemento de la Industria 4.0. Este es un paradigma con conexiones con la cultura digital, la sociedad digital y la Industria 4.0. Cuando se aborda el trabajo humano en el contexto de la Industria 4.0 y la fábrica inteligente, pasión, flexibilidad, responsabilidad, participación, motivación de integración y trabajo en equipo son términos frecuentemente recurrentes.

Las rutinas de participación de los operadores dependen en gran medida del cambio de herramienta utilizado en la fábrica y de los hábitos que se derivan de tales herramientas. El perfil deseado del futuro operador de la planta es ser una persona proactiva y participativa, en contraste con un tipo de operador reactivo o resistente. En el concepto de la Industria y Calidad 4.0, el énfasis debe estar en la participación y la integración del trabajador en el proceso de toma de decisiones, similar a las redes digitales. Hemos definido nueve dimensiones sobre las cuales se deberá trabajar fuertemente para esta transición. El estado actual frente al ideal es el que se ilustra en la figura 2.

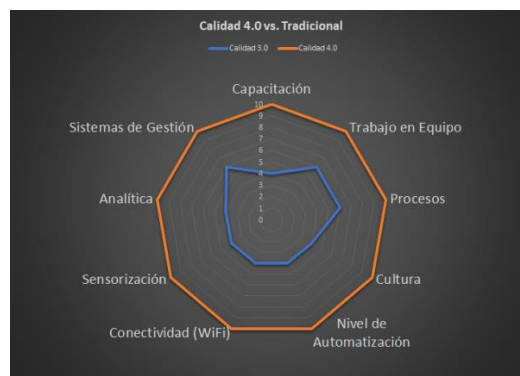


Figura 2 – Dimensiones de la Calidad 4.0. Fuente: propia del autor

1.6. Mantenimiento Predictivo y Gestión de la Calidad 4.0

Al respecto [26]Sang (2019) dice que:

“Este estudio presenta nuevas ideas para la gestión predictiva de la calidad basada en una extensa revisión de la literatura sobre gestión de la calidad y cinco casos reales de gestión predictiva de la calidad basada en nuevas tecnologías. Los resultados del estudio indican que la tecnología avanzada que permite el mantenimiento predictivo se puede aplicar en varias industrias al aprovechar el análisis de Big Data, los sensores inteligentes, la inteligencia artificial y la construcción de plataformas. Dichos sistemas predictivos de gestión de calidad

pueden convertirse en ecosistemas vivos que pueden realizar análisis Causa-Efecto, monitoreo y análisis de Big Data, y una toma de decisiones efectiva en tiempo real...”

[26]Sang (2019) obtuvo los siguientes resultados en su análisis de casos:

Tabla 1 - *Resumen de casos*

Ejemplos de Mantenimiento Predictivo					
	Manufactura	Manufactura	Manufactura	Manufactura	Servicio
Empresa	Rolls-Royce	Hyundai Motors	BOSCH	John Deere	Clova
Propósito	Ofrecer una oportunidad de mejorar los métodos de mantenimiento de motores	Proporcionar seguridad al consumidor a través de una mayor prevención de problemas.	Para apoyar el trabajo de ensamblaje sin errores	Para predecir defectos de instalaciones	Para proporcionar un servicio en tiempo real
Efectos	Gestión en Tiempo-Real	Diagnosticar y prevenir problemas antes de que ocurran para mayor seguridad y comodidad.	Eficiencia de producción y reducción del costo de defectos y errores.	Aplicación para la optimización total de servicios.	Servicios de información precisos.
Mantenimiento Predictivo en la Gestión de la Calidad	Análisis de Big data, Sensores inteligentes, Inteligencia Artificial Tecnologías de la Información y comunicaciones (ICT)				

Tabla 2 - *Procesos de la Gestión de la Calidad a través del Mantenimiento Predictivo*

Requerimientos Tecnológicos	Procesos Operacionales	Objetivos
Big data analytics, AI, Deep learning, Smart sensor, ICT, Robots	Análisis de datos en Tiempo-Real Expertos en Análisis Machine learning, Despliegue de Datos, AI	Mejorar la productividad, Minimizar los costos de mantenimiento, Mejorar la Calidad del Producto, Mejorar la confiabilidad, Mejorar los ingresos

1.7. Beneficios y proyección a futuro

En uno de los estudios académicos más completos, [27] Rüzmann, Lorenz, Gerbert, Waldner, Justus & Harnisch (2015) analizan el posible impacto de la Industria 4.0 y sus beneficios, clasificándolos en 4 áreas: Productividad, Ingresos, Empleo e Inversiones. En resumen, los siguientes son los puntos salientes:

Productividad: durante los próximos cinco a diez años la Industria 4.0 será adoptada por más compañías, lo que aumentará la productividad en todos los sectores manufactureros alemanes en € 90 mil millones a € 150 mil millones. Las mejoras en la productividad de los costos de conversión, que excluyen el costo de los materiales, oscilarán entre el 15 y el 25 por ciento. Cuando se tienen en cuenta los costos de los materiales, se lograrán ganancias de productividad del 5 al 8 por ciento. Estas mejoras variarán según la industria. Los fabricantes de componentes industriales pueden lograr algunas de las mayores mejoras de productividad (20 a 30 por ciento), y las compañías automotrices pueden esperar aumentos de 10 a 20 por ciento.

Ingresos: la industria 4.0 también impulsará el crecimiento de los ingresos. La demanda de los fabricantes de equipos mejorados y nuevas aplicaciones de datos, así como la demanda de los consumidores de una variedad más amplia de productos cada vez más personalizados, generará

un crecimiento de ingresos adicional de aproximadamente 30 mil millones de euros al año, o aproximadamente el 1 por ciento del PIB de Alemania.

Empleo: según [8] Sommer (2015) su análisis del impacto de la Industria 4.0 en la fabricación alemana, descubrió que el crecimiento que estimula conducirá a un aumento del 6 por ciento en el empleo durante los próximos diez años. La demanda de empleados en el sector de la ingeniería mecánica puede aumentar aún más, hasta en un 10 por ciento durante el mismo período. Sin embargo, se requerirán diferentes habilidades. A corto plazo, la tendencia hacia una mayor automatización desplazará a algunos de los trabajadores a menudo poco calificados que realizan tareas simples y repetitivas. Al mismo tiempo, el uso creciente de software, conectividad y análisis aumentará la demanda de empleados con competencias en desarrollo de software y tecnologías de TI, como los expertos en mecatrónica con habilidades de software. (La mecatrónica es un campo de la ingeniería que comprende múltiples disciplinas de ingeniería). Esta transformación de la competencia es uno de los desafíos clave por delante.

Inversiones: la adaptación de los procesos de producción para incorporar la Industria 4.0 requerirá que los productores alemanes inviertan alrededor de € 250 mil millones durante los próximos diez años (alrededor del 1 al 1.5 por ciento de los ingresos de los fabricantes)

Los autores opinan que “[...] Muchos mercados emergentes con una fuerza laboral joven y conocedora de la tecnología también podrían aprovechar la oportunidad e incluso crear conceptos de fabricación completamente nuevos.” [8] (Sommer et al. 2015)

Conforme [18] Godina (2019) persisten aún varios desafíos para la implementación de la Industria 4.0 y específicamente, la combinación del control de calidad con este nuevo paradigma. Algunos de los desafíos relacionados con la calidad se enumeran a continuación:

(1) Falta de capacidad de procesamiento: la rápida expansión de IoT ha cimentado la base de la Industria 4.0 al conectar objetos y dispositivos digitalmente. Sin embargo, este tipo de cambios también crean desafíos en relación con varios factores. Por ejemplo, algunos de los desafíos son la gestión efectiva de las enormes cantidades de datos, el proceso de este tipo de datos, su almacenamiento y su conversión en información útil y, por lo tanto, mejorar la toma de decisiones.

(2) Ausencia de retroalimentación para la información requerida sobre calidad: de acuerdo con un estudio realizado en la industria de montaje de vehículos, la retroalimentación relacionada con los datos sobre la calidad que se suministra a los ingenieros y sistemas de calidad solo se encuentra en un grado limitado. También faltaba la retroalimentación en tiempo real y se comunicaba con un retraso de tiempo. La retroalimentación sobre la calidad en diferentes áreas del proceso se produjo solo en intervalos de tiempo dispersos y solo en situaciones de irregularidad o defecto de calidad preocupante, generalmente en las que la retroalimentación de identificación tomó varias horas de trabajo.

(3) La ausencia de una conexión entre el sistema y el operador en el contexto de calidad es otro desafío negativo que debe superarse. Es necesario establecer un método "inteligente" para el control de calidad con respecto al vínculo entre el sistema y el ser humano. En este caso, lo que se necesita es una amplia retroalimentación en tiempo real de los datos relacionados con la calidad, con una visualización fácil de usar del estado de la calidad.

(4) Preparación completa de la información para una visualización adecuada: el operador o el ingeniero deben visualizar correctamente el estado de la calidad. En el estudio realizado la forma en que se visualizaba la información de calidad se limitaba a unos pocos datos importantes elementales. Para superar este desafío, las tecnologías aplicadas deberían ser más completas y diseñadas de una manera amigable para el usuario a fin de visualizar adecuadamente el estado de la calidad.

(5) Una aplicación deficiente de las tecnologías orientadas al proceso: las tecnologías del espacio de trabajo, como la información visual que ayuda al operador, podrían no estar correctamente integradas en el proceso de producción, lo que también podría ocurrir con el control del proceso y la retroalimentación de calidad. Las máquinas y dispositivos físicos deben estar correctamente conectados a los sistemas de calidad implementados.

Finalmente, como conclusión y hablando sobre la Argentina, [28] el Secretario de Producción de Industria de la Nación nos dice durante una entrevista que: (1) la velocidad de desarrollo de esta revolución industrial es la misma que maneja el G20 (Grupo de los 20), ya que es una directiva de ese grupo de países. (2) No es lo mismo el digitalizar una pyme rural que una pyme de la ciudad, ya que son distintos los procesos y necesidades. (3) Lo que lleva mucho trabajo es la adopción de los planes (de inversión), por parte de las pyme. La adopción es baja debido a que hay una resistencia al cambio. En primer lugar está la sensibilización, ya que primero llega la tecnología y luego la adhesión.

1.8. Hallazgos

Basados en nuestras entrevistas en profundidad y considerando los factores clave: Gestión de Procesos, Teoría de la Calidad, Matemáticas y Estadísticas, Pensamiento Sistémico y Trabajo en

Equipo, el resultado obtenido a la fecha es el que se muestra en la figura 3. Se obtendrán más datos estadísticos al finalizar el presente proyecto.

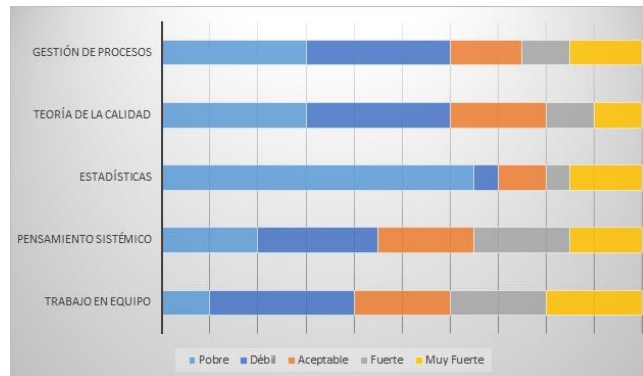


Figura 3—Score por Categorías. Fuente: propia del autor

3. CONCLUSIONES.

La comunicación autónoma entre distintos dispositivos o máquinas sin intervención humana, los sistemas ciberfísicos y la inteligencia artificial, inauguran una nueva era la cual es denominada la 4^{ta} Revolución Industrial. Esta revolución llevada a la industria de transformación y de servicios es la llamada Industria 4.0. La Gestión de la Calidad aplicada a sistemas ciberfísicos, en líneas de producción flexibles, con monitoreo y captura de datos en tiempo real, lo cual permite aseguramiento de la calidad en forma inmediata y con análisis predictivo, es la llamada Calidad 4.0.

Las primeras aproximaciones de la investigación indicarían que las principales dificultades están vinculadas a los costos de la incorporación de estas nuevas tecnologías, la necesidad de capacitación del personal y la comprensión de este nuevo paradigma industrial como una realidad que ya está aquí y se necesita adoptar. Por su parte, las ventajas están fundamentalmente vinculadas a la disponibilidad de más y mejor calidad de datos en tiempo real, lo que permite reducir costos, corregir procesos en menor tiempo y mejorar el producto final.

Se vislumbra que los pasos a seguir para la implementación serían: (1) la capacitación de todos los estamentos de la industria para la comprensión de este nuevo paradigma; (2) la evaluación de necesidades tecnológicas; (3) la incorporación de ellas; (4) la capacitación del personal de planta y análisis de datos y (5) el diseño de programas y procesos de producción adaptados a los cambios. Las nuevas habilidades necesarias serían (1) Colaboración, que es la capacidad para desarrollar trabajo con otros, la ingeniería de procesos e industrial, para desarrollar procesos que no solo sean efectivos (especificaciones técnicas) sino también eficientes en QC / QA. (2) Análisis de datos: capacidad de análisis de Big Data para separar la información real de las falsas. (3) Trabajo digital. (4) Auditorías eficientes y rápidas: auditorías menos frecuentes y realizadas a través de la web y (5) Desarrollo de proveedores: la calidad del proveedor será esencial para la integridad de la calidad digital.

Los siguientes pasos de este trabajo sería cuantificar los esfuerzos para llevar a la práctica la Industria 4.0 y las herramientas de gestión y calidad correspondientes.

4. REFERENCIAS.

- [1] Krajewski, Lee; Ritzman, Larry y Malhotra, Manoj. (2008). Administración de Operaciones: Procesos y cadenas de valor. México. 8 ed. Pearson Educación. México
- [2] Hernández Sampieri, H. Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2010). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill Interamericana.
- [3] Taylor, S. J. ,& Bogdan R. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de investigación: la búsqueda de significados. Barcelona. 1 ed. Paidós. España.
- [4] García Ferrando, M. (1996). La Encuesta. En M. García Ferrando, J. Ibáñez & F.
- [5] Glaser, B., & Strauss, A. (1967). The discovery of grounded theory. Londres: Weidenfield & Nicolson.
- [6] Valles, M.S. Técnicas Cualitativas de Investigación Social – Reflexión metodológica y práctica profesional. Ed. Sítesis, Madrid (2002).
- [7] Creswell, J. W. (2009). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approached. Sage.

- [8] Sommer, L. (2015) Industrial Revolution - Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution? Department of Business Administration and Engineering, Albstadt-Sigmaringen University, Germany. Recuperado de <http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1470>
- [9] Presidente de la Cámara Empresaria del Parque Industrial de Pilar, Lic. Jorge Alonso
- [10] Oakland, John S. (1994). Total Quality Management. Oxford. 1.ed. Heinemann Ltd. England.
- [11] McGrath, James; Bates, Bob. (2014). 89 teorias de gestão que todo gestor deve saber. São Paulo . Primera ed. Editora Saraiva. Brasil
- [12] Rother, Mike. (2010). Toyota Kata. New York. McGraw-Hill. USA.
- [13] Masaaki, Imai. (2004). Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa. México DC. Séptima Ed. Random House Inc. México.
- [14] Rotondaro, Roberto. (2002). Seis Sigma: Estrategia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo. 1 Ed. Editora Atlas. Brasil
- [15] George, Muchael L. (2004). Lean Seis Sigma para Servicios: Como utilizar velocidade Lean e Qualidade Seis Sigma para Melhorar Servicios e Transacoes. Rio de Janeiro. QualityMark Editora Ltda. Brasil
- [16] Crosby, Phil. (1978). Quality is free, the art of making quality certain. New York. McGraw-Hill. USA.
- [17] Jacob D. (2017). Quality 4.0 impact and strategy handbook: getting digitally connected to transform quality management. LNS Research, CambridgeGoogle Scholar)
- [18] Godina, Radu; Matias, João. (2019). "Quality Control in the Context of Industry 4.0". Conference Paper. DOI: 10.1007/978-3-030-14973-4_17. Lisboa
- [19] Simoes Gomes, Carlos F.; Cabral Riveiro, Priscilla C. (2004). Gestao da Cadeia de Suprimentos Integrada á Tecnologia da Informacao. São Paulo. 1 Ed. Thomson. Brasil
- [20] Powell, Daryl; Romero, David; Gaiardelli, Paolo; Cimini, Chiara, Cavalieri, Sergio. (2018). "Towards Digital Lean Cyber-Physical Production Systems: Industry 4.0 Technologies as Enablers of Leaner Production". Conference: APMS - Production Management for Data-driven, Intelligent, Collaborative, and Sustainable Manufacturing, At Seoul, Korea, Volume: I. Moon et al. (Eds.), IFIP, AICT 536, Part II, Springer, pp. 353-362
- [21] Yu-Chen Chiu, Fan-Tien Cheng and Hsien-Cheng Huang. (2017). "Developing a factory-wide intelligent predictive maintenance system based on Industry 4.0". Journal of the Chinese Institute of Engineers, 2017
- [22] Jolly, Rich. (2015). Systems Thinking For Business: Capitalize on Structures Hidden in plain sight. Portland. First Ed. System Solution Press. USA
- [23] Meadows, Donella H. (2008). Thinking in Systems: A Primer. White River Junction. 1 ed. Chelsea Green Publishing. United States of America
- [24] Ghosh, Asish. (2017). Dynamic Systems For Everyone – Understanding How Our World Works. Cham. Second Ed. Springer. Switzerland.
- [25] Pereira Mello, Carlos H.; Sanches da Silva, Carlos E.; Turrioni, Joao B.; Gonzaga Mariano de Souza, Luiz. (2002). ISO 9001: Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços. São Paulo. 3 ed. Editora Atlas S.A. Brasil.
- [26] Sang M. Lee; Don, Hee Lee. (2019) The quality management ecosystem for predictive maintenance in the Industry 4.0 era. Youn Sung Kim International Journal of Quality Innovation. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/s40887-019-0029-5>
- [27] Rüßmann, M. Lorenz, M. Gerbert, P., Waldner M., Justus, J. Engel, P. & Harnisch, M. (2017) *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Recuperado de <https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>
- [28] Secretario de Producción de Industria de la Nación, Ministerio de Producción y Trabajo, Argentina, 2019

Implantação de Total Productive Maintenance

Kazuo Hatakeyama, Gleison de Souza Amorim

khatakeyama875@gmail.com, amorimlogistica@hotmail.com

Enterprise Consulting Office - Av. Miguel Navarro y Cañizares,31, apto 701 – Salvador – BA
Faculdade de Tecnologia SENAI – Rua São Paulo, 1.147 - Victor Konder - Blumenau - SC

Abstract

The objective of this research was to apply the total productive maintenance analyzing the performance of the autonomous maintenance pillar in a pilot manufacturing industry. The case study used as a procedure with the nature of research as applied quantitative approach. The results showed that even the pillar of autonomous maintenance, being the process of training, in order to make operators able to promote changes in their work environment that guarantee high levels of productivity, it needs the support of the basic pillars. Without them, such pillar would not have the necessary conditions to act in the planning of application of the methodology. The overall equipment efficiency had its value maximized by 30% in two and a half years, indicating that had its productive capacity high, enabling the increase in the organization's revenues.

Keywords: Autonomous maintenance, Reliability, Availability, Performance

1 INTRODUÇÃO

Mudanças frequentes ocorridas na economia no mundo, com o mercado tornando-se sensível ao preço, levou cada vez mais as empresas a obterem melhores resultados, exigindo a procura de diferenciadores nos processos de produção que melhore continuamente o desempenho [1].

Este artigo aplicou o *total productive maintenance* (TPM) e analisou o desempenho do pilar do *autonomous maintenance* (AM), num setor piloto de uma indústria manufatureira para verificar a variação nos indicadores desta abordagem.

2 MANUTENÇÃO

De acordo com [2], “conceitua a manutenção como o conjunto de atividades com o objetivo de eliminar defeitos de qualidade produzida por danificação e eliminar o ajuste de equipamento”. A manutenção corretiva é caracterizada pela ação de recuperação da capacidade básica do funcionamento ou uma falha ocorrida no equipamento [3].

A manutenção preventiva consiste em ações tomadas com a intenção de manter um ou vários equipamentos em condições de operação pela manutenção repetida num intervalo de tempo planejado pela inspeção, prevenção de falhas, reforma e troca de peças.

2.1 Total productive maintenance – TPM

O TPM propõe a atividade de manutenção produtiva com o envolvimento de todos os níveis da empresa, desde o alto escalão até o nível de operação buscando a melhoria do desempenho global [4], [5], declaram que o TPM, pode estabelecer padrões para eliminar perdas, reduzindo custos de manutenção pela previsão de falhas pelo melhoramento de qualidade do pessoal e de equipamento.

2.2 Fases de implementação do TPM

O autor [6] declarou que o TPM normalmente é implantado por doze etapas no quadro de quatro fases (preparação, introdução, implementação e consolidação). TPM é uma ferramenta útil para o suporte no contexto de processo ideal de fabricação. A organização que for capaz de atingir este nível de manutenção, logrará a vantagem competitiva [7].

A TPM normalmente é implantada em doze etapas que consta de quatro fases (preparação, introdução, implementação e consolidação) [6], [5]. Representados no Quadro 1.

Quadro 1– As doze etapas para implementação da TPM

Fases	Etapa	Conteúdo
Preparação	1. Declaração de alta direção acerca da decisão de adotar o TPM.	Divulgação acerca da TPM por toda organização. Uso de meios de comunicação disponíveis (murais, seminários, jornal interno, etc.)
	2. Campanha para divulgação e treinamento inicial.	Seminários dirigidos para média e alta administração. Projeção de vídeos para elementos operacionais.
	3. Secretaria para implementação do TPM.	Estruturação dos comitês para implementação da TPM
	4. Diretriz básica do TPM	Objetivo e sua demarcação, previsão dos resultados.
	5. Plano diretor para implementação do TPM.	Delineamento dos planos de cada etapa, desde a introdução até a consagração.
Introdução	6. Decolagem do TPM	Convite aos fornecedores, às empresas afiliadas.
Implementação	7. Construir uma organização projetada para maximizar a eficácia da produção.	Buscar o máximo de eficácia na produção.
	7.1 Conduzir atividades de melhorias focadas	Atividades em equipes de projeto e de pequenos grupos
	7.2 Auto manutenção.	Técnica sequencial auditoria e confirmação da aprovação

	7.3 Planejamento da manutenção.	Manutenção sistemática Manutenção preliminar Gestão da infraestrutura, peças de reserva, ferramentas, desenhos técnicos.
	7.4 Treinamento operacional, de manutenção e de habilitação.	Treinamento coletivo dos líderes; Treinamento dos membros e criação de elos de comunicação.
	8. Estrutura para controle e gestão dos equipamentos numa fase da operação.	Desenvolver produtos e equipamentos que sejam fáceis de usar.
	9. Construir um sistema de manutenção da qualidade	Estabelecer, manter e controlar as condições para zero defeito.
	10. Construir um sistema de administração eficaz	Incrementar eficácia no suporte à produção; Melhorar e simplificar as funções administrativas e ambientes de escritório.
	11 – Desenvolver um sistema de gestão segurança, saúde e meio ambiente.	Assegurar um ambiente livre de acidentes e de poluição.
Consolidação	12 – realização do TPM e seu aperfeiçoamento.	Candidatura ao prêmio TPM, Busca de objetivos mais ambiciosos.

Fonte: Adaptado de [8]

2.2.1 Pilares básicos para o suporte do TPM

Autores [9] sugeriram que a implementação do TPM seguindo 8 pilares, mostrados no Quadro 2. Conforme [10], a TPM abre caminho para o planejamento eficaz, organização, acompanhamento e controle pela metodologia única de oito pilares que buscam o aumento da produtividade do trabalho por meio de controles de manutenção, redução dos custos de serviços, redução de paradas de produção.

Quadro 2 – Desenvolvimento das colunas TPM

1ª geração (Foco no equipamento)	2ª geração (Foco processo/produção)	3ª geração (Foco na companhia)
1 - Melhoria da eficiência do equipamento; 2 - Propor manutenção autônoma para o operador; 3 - Manutenção planejada; 4 - Treinamento para melhorar a operação e manutenção de competências; 5 - Controle inicial do equipamento;	1 - Melhoria da eficiência do equipamento; 2 - Propor manutenção autônoma para o operador; 3 - Manutenção planejada; 4 - Treinamento para melhorar a operação e manutenção de competências; 5 - Controle inicial do equipamento; 6 - Melhoria do departamento de suporte (qualidade).	1 - Melhoria da eficiência do equipamento; 2 - Propor manutenção autônoma para o operador; 3 - Manutenção planejada; 4 - Treinamento para melhorar a operação e manutenção de competências; 5 - Controle inicial do equipamento; 6 - Melhoria do departamento de suporte (qualidade); 7 – TPM na administração; 8 - segurança, higiene e meio ambiente.

Fonte: [4]

De acordo com [4], [11], no contexto competitivo do mercado a melhoria da produtividade pode ser alcançado pela aplicação adequada dos oito pilares.

2.2.2 Indicadores de desempenho

Medida de desempenho é o processo de ação quantificadora. A medida da medição é a maneira para quantificar e a ação é relacionada com o desempenho, envolvendo duas variáveis: eficiência e a eficácia [12].

Autores [13], descrevem que os mais utilizados são: *the mean time between failures* – MTBF ou média do tempo de operação entre as falhas e o *the mean time to repair* – MTTR ou o tempo médio para o reparo. Então, o estudo está com o foco nas métricas do OEE, como o indicador para medir de maneira quantitativa o desempenho geral dos recursos em operação, tendo a base para a estimativa a formula 1.1.

$$\text{OEE} = \text{desempenho} \times \text{qualidade} \times \text{disponibilidade} \quad (1.1)$$

Igualmente [14], destacam que os indicadores de manutenção podem ser de dois tipos: os de processo principal e o de resultado da manutenção. O método mais utilizado como métrica mais eficaz é o OEE. A figura 1 apresenta alguns indicadores de manutenção alinhados a esta abordagem.

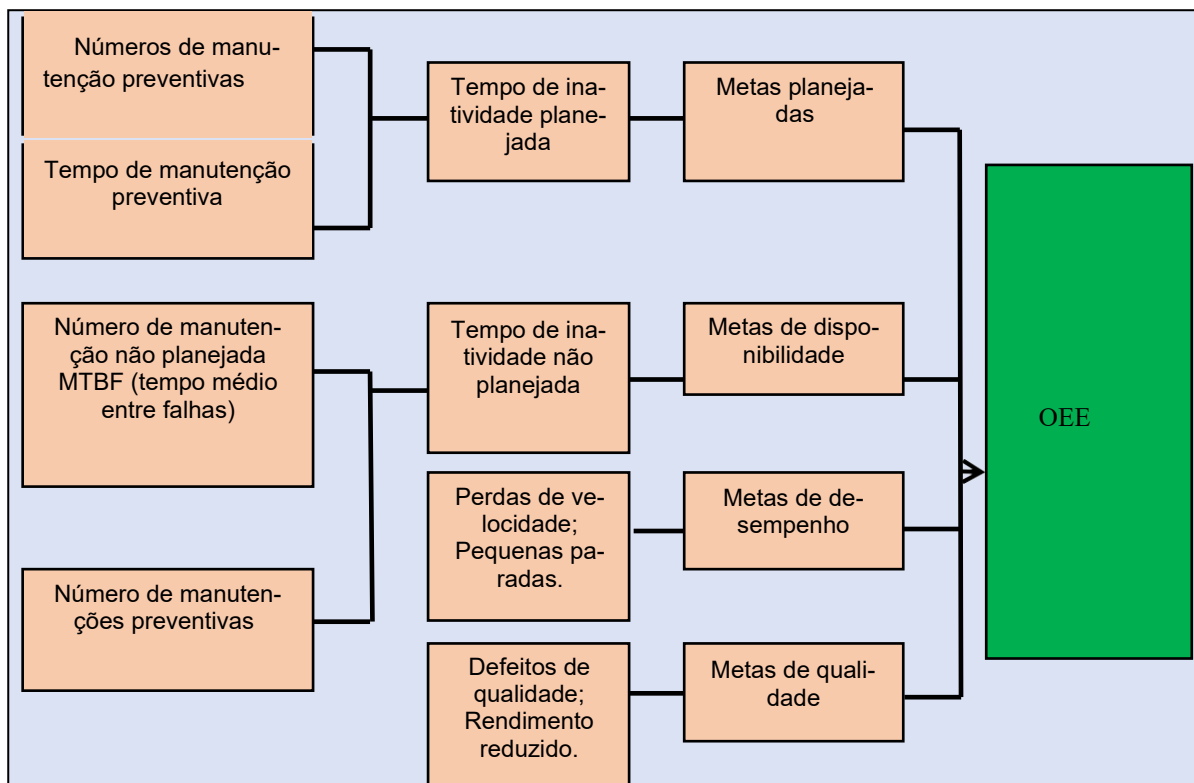


Figura 1 – Indicadores de manutenção na métrica OEE

Fonte: [14]

O autor [15] ressalta que indicadores de manutenção são dados estatísticos relacionados aos processos que devem ser controlados, servindo como base de análise das situações atuais com as anteriores e mensurar o desempenho contra metas estabelecidas. Autores [13] descrevem que os mais utilizados são: o *Mean Time Between Failures* – MTBF ou tempo médio de operação entre falhas e o *Mean Time to Repair* – MTTR ou tempo médio para reparo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto à abordagem, a pesquisa define-se como quantitativa. Nesta abordagem os resultados da pesquisa são medidos de forma numérica, baseando-se em toda a população alvo da pesquisa. Quanto ao objetivo a pesquisa é classificada como descritiva, já que o problema em planejar já é explorado, a partir disso é feito um levantamento de dados e observações do entorno. Como parte da pesquisa, o procedimento do trabalho caracteriza-se como estudo de caso, que analisa um tópico baseando-se na experiência seguindo procedimentos e etapas pré-estabelecidas.

Por se tratar de um estudo de caso, a pesquisa utiliza dados primários e secundários. A amostra aplicada foi de natureza indutiva selecionada pela importância dos atores. Já com o problema do estudo definido, inicia-se a definição da unidade de casos a serem estudados, seguindo elabora-se a coleta de dados, a avaliação e análise dos dados e prepara-se o relatório das informações coletadas. A figura 2 descreve os métodos adotados.

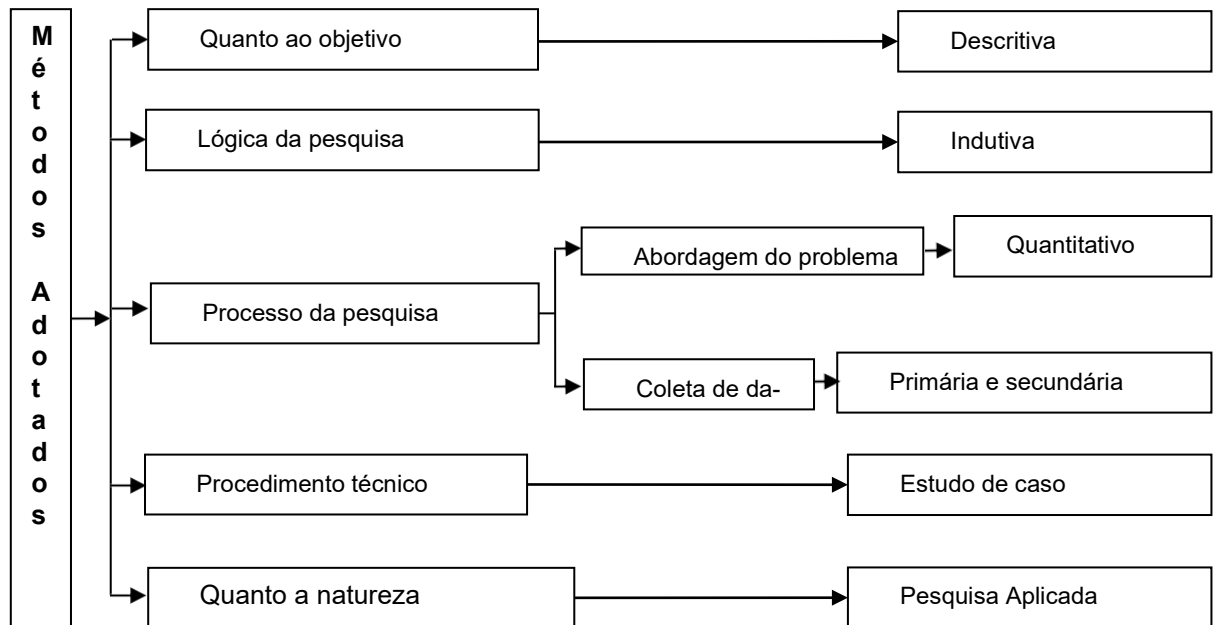


Figura 2 – Métodos adotados
 Fonte: Autores (2016)

Utiliza-se também como instrumento de coleta de dados, a observação sistemática não participante, na qual o pesquisador não se integra ao grupo estudado, não se envolvendo na situação, faz somente o papel de espectador.

Esta pesquisa utilizou a abordagem de estudo de caso baseado numa indústria manufatureira. Como abordagem, esta pesquisa é quantitativa e descritiva. Os dados foram obtidos dos indicadores de desempenho industrial e as planilhas de TPM.

O instrumento utilizado para a coleta de dados foi pela observação sistemática sem a participação do pesquisador e pesquisa documental. A amostragem aplicada foi do tipo indutivo selecionado pelo tipo de importância dos atores.

A pesquisa foi desenvolvida numa indústria manufatureira, nominada como empresa “A” no setor específico denominado C20. Os dados foram coletados no final do ano de 2013 a meados do ano de 2016, incluindo somente os pilares de manutenção autônoma - AM, melhoramento específico - ME, manutenção planejada – MP, educação e treinamento – EDT, foi também criado o pilar de administração de solução de problemas – PASP, os quais foram os pilares básicos que a empresa considerou necessária para implementar na unidade industrial.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O EDT, qualificou o grupo de TPM, qualificando os operadores capacitando-os para realizar pequenos reparos e ajustes dos equipamentos, liberando os técnicos para planejar e resolver anomalias mais relevantes dos equipamentos, e também cumprir o cronograma de manutenção preventiva planejada. O EDT foi a base para que outros pilares ocorressem

No ano de 2014, quando a implementação do TPM foi iniciado, os índices de aplicação na educação e treinamento não eram aceitáveis, tendo baixo desempenho nos indicadores. Em 2015, com as ações estabelecidas pelo pilar de EDT, os índices de aplicação obtiveram melhoramento relativo em comparação com o ano anterior. Em 2016, as ações estabelecidas pelos pilares do EDT, foram amadurecidos e as pessoas envolvidas no processo entenderam a real importância de terem o compromisso com suas qualificações, com o qual, os índices de aplicação obtidos nos resultados planejados e esperado de 100% atingidos. Vale ressaltar que isto só foi medido até o mês julho daquele ano.

Com o investimento em manutenção, aumentou o custo, objetivando reduzir as falhas, aumentar a disponibilidade, redução do MTTR, aumento de qualidade e o MTBF. Inicialmente pensou-se em manter ou garantir a disponibilidade do equipamento durante o tempo que foi programado para o trabalho, com o menor custo possível.

Os gráficos das figuras 3 a 10, descrevem alguns resultados preliminares, da implementação da TPM no piloto C20.

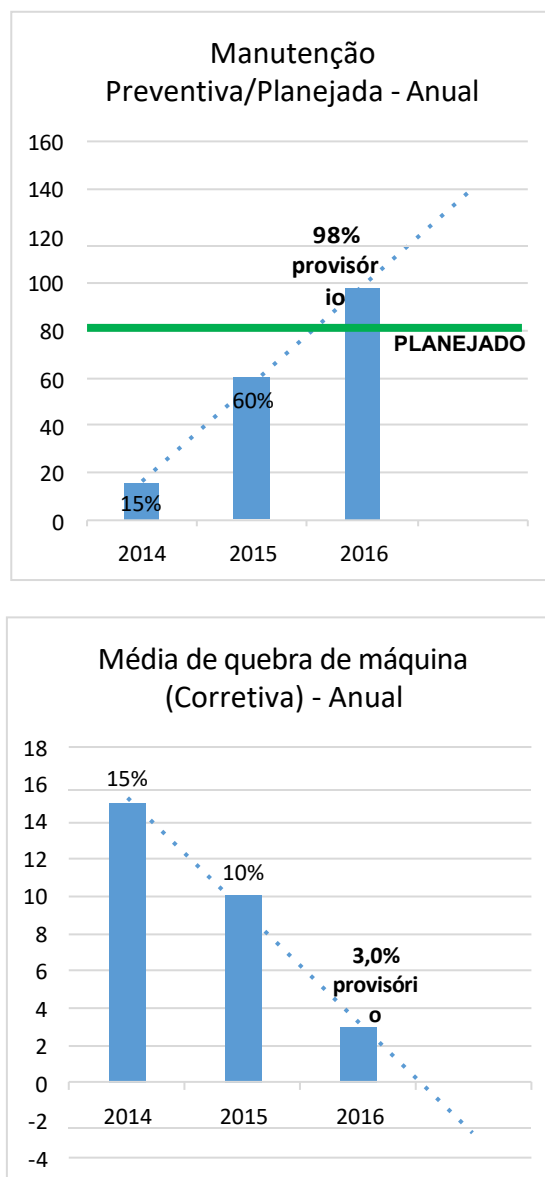


Figura 3 – Manutenção preventiva/planejada e corretivas
 Fonte: Os autores

Corresponde ao percentual de manutenções preventivas/planejadas, programada *versus* realizadas, descrevendo, que com a implementação da TPM, as manutenções preventivas/planejadas saíram de um percentual de 15% no ano de 2014, para 98% de execução no ano de 2016, ultrapassando o percentual planejado parcialmente.

Já a média de quebra de máquina, teve uma queda de 15%, que em horas equivale a 77,85 horas em 2014, para 3,0%, equivalente em 15,57 horas no ano de 2016, confirmando o aumento da disponibilidade de máquina, já que, quanto menos quebras, mais tempo o equipamento passa em operação. Resultados parciais até o mês de julho do mesmo ano.

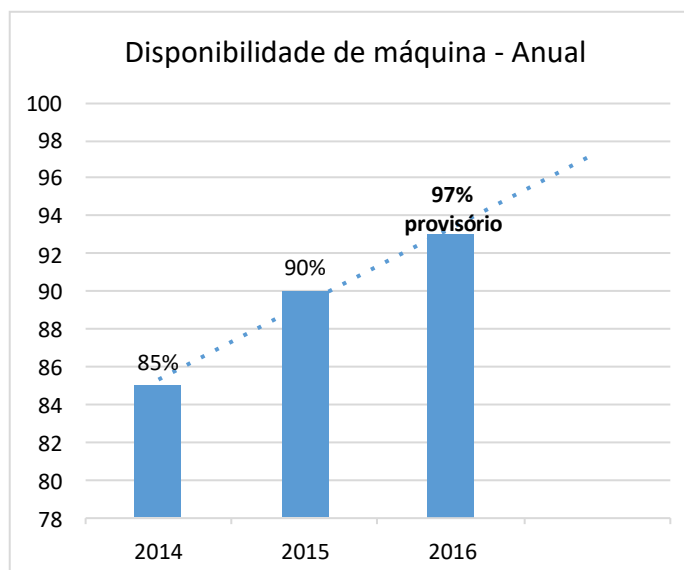


Figura 4 – Disponibilidade de máquina
Fonte: Os autores

A disponibilidade é calculada empregando a equação 1:

$$T_t = d \times h \quad (1)$$

Onde:

T_t - Tempo total

d - Dias

h - Horas

$$\text{Tempo total} = 30 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} = 720 \text{ horas}$$

O tempo total é calculado sobre 24 horas. Para tempo disponível, deve-se considerar os horários de refeição dos três turnos (3 horas) totalizando 21 horas/dia. Deve-se considerar 22 dias (5 dias na semana = 40 horas x 4 semanas. Para fechar as 44 horas semanais, falta de 16 horas no mês. Logo se trabalham 2 sábados alternados para compensar essas 16 horas, ficando 4 x 44 = 176 horas, sendo a base de cálculo da disponibilidade no mês (tempo disponível) empregando a equação 2.

$$T_d = n.t \times 176 \text{ h} \quad (2)$$

Onde:

T_d - Tempo disponível

n - Número de turnos

t - Turno

h - Hora

$$\text{Tempo disponível} = 3 \text{ turnos} \times 176 \text{ horas}$$

O índice de disponibilidade apresentou uma significativa melhoria nos resultados no período estudado, conforme descreve a figura 4. No início da implementação da TPM, os percentuais de disponibilidade apresentavam o valor médio de 85%. No decorrer do período, ocorreu uma elevação para 90%, sendo que a média no primeiro semestre de 2016 atingiu o valor de 97%.

O aumento da disponibilidade é consequência direta do comprometimento da equipe e das ações desencadeadas no decorrer da implementação da TPM, para o qual os colaboradores incorporam a mentalidade da minha máquina cuida eu.

A figura 5 ilustra que o custo de manutenção 2014 a 2016, aumentou significativamente. A empresa ressalta que o motivo dessa elevação, ocorreu, porque o consumo de peças de reposição e a mão de obra aumentaram, já que antes da implementação da TPM, os equipamentos se depreciaram por falta de manutenção planejada e periódica, porém, isso tende a normalizar com o andar da metodologia no C20.

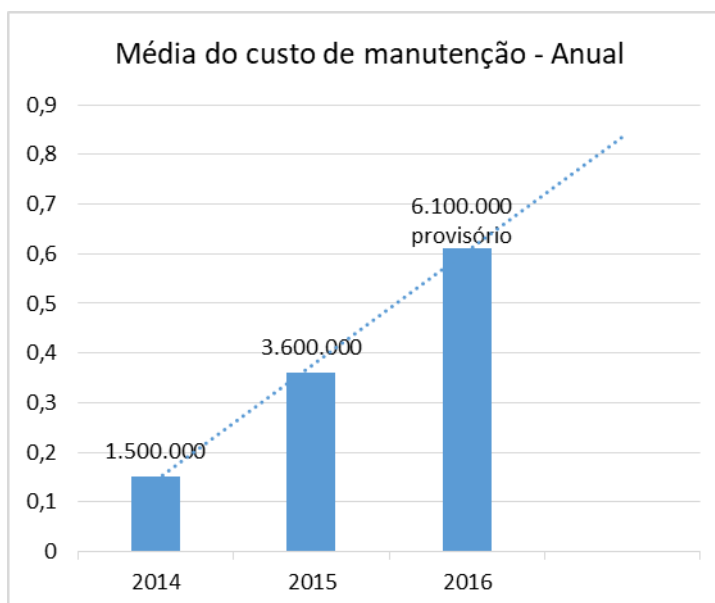


Figura 5 – Média do custo de manutenção
Fonte: Os autores

O investimento teve um significativo aumento de R\$ 1.500.000,00 para R\$ 6.100.000,00. Ressalta-se, que os dados informados foram obtidos por meio de documentos fornecidos pelos setores de manutenção e financeiro da empresa estudada.

O índice de desempenho com a implementação do TPM é ilustrado na figura 6.

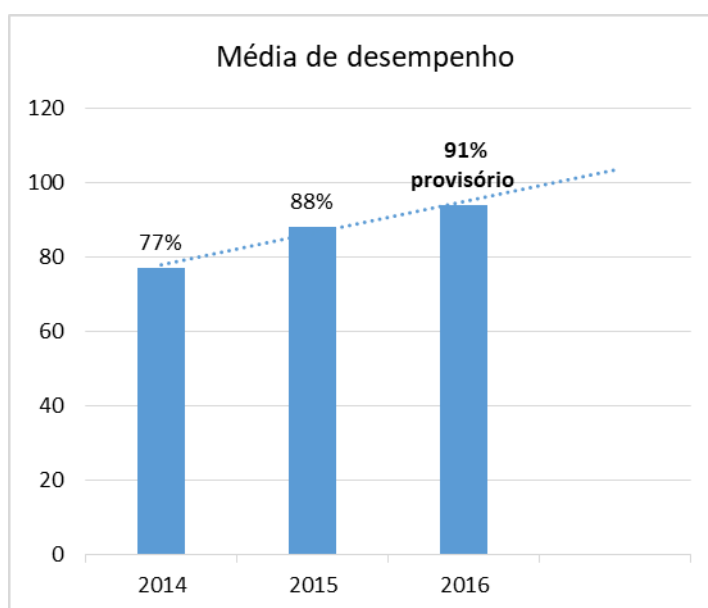


Figura 6 – Índice de desempenho
Fonte: Os autores

A análise de desempenho, ao contrário do índice de disponibilidade que tem seu indicador apoiado em registros de tipologias de paradas, precisa de maior atenção na coleta de dados relacionados às perdas por paradas menores e baixa velocidade. No início houve confusão por parte dos operadores nos lançamentos de dados, já que os mesmos, não tinham tal hábito, que com o passar do tempo obteve uma relativa melhoria, maximizando os resultados parciais.

Conforme figura 5, com os investimentos feitos em manutenção e com a implementação da TPM, o índice de desempenho teve um aumento de 77% percentuais, para 91%, sendo maximizado em 18.1% de 2014, até julho de 2016.

4.1 Melhoria específica

O pilar ME, teve como função identificar as 6 grandes perdas do processo, analisar e detectar causas de perdas/falhas, identificar e estabelecer condições ideais dos equipamentos/máquinas, assim como calcular a disponibilidade + produtividade + qualidade = OEE. Este pilar teve como apoio o pilar GSP criado pela empresa somente para auxiliar o pilar ME.

4.2 O pilar manutenção autônoma

O pilar MA integrou as tarefas indiretas levando as equipes de produção à gestão a autônoma, implantando o pensamento da minha máquina cuidando eu, tais atividades autônomas são: inspeção, limpeza, lubrificação, execução de pequenas reparações e manutenção de rotina. Essas atividades ocasionam impactos significativos nos indicadores TPM.

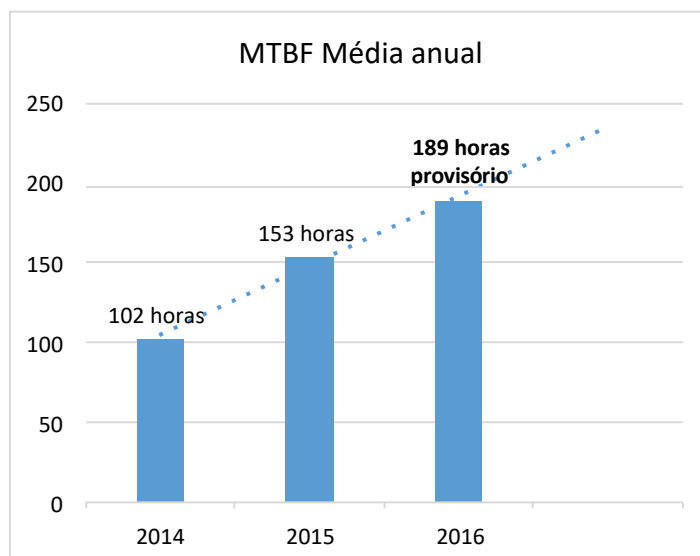


Figura 7 – Tempo médio entre falhas

Fonte: Os autores

Na análise do indicador de tempo médio entre falhas – MTBF, da figura 7, pode-se quantificar, quanto o equipamento/máquina esteve em permanência de operação em cada ano.

Tal indicador relaciona-se diretamente com a confiabilidade, tendo o mesmo um aumento de 87 horas de funcionamento do equipamento de 2014 a 2016. Fazendo a média de cada mês no de 2014, máquina permaneceu parada 5,08 horas/mês, tal resultado surgiu do cálculo $519/102$. Já no ano de 2015 a média baixou para 3,39 hora/mês. Em 2016, até o mês de julho como media parcial têm-se 2,74 horas de parada.

Na análise do indicador de tempo médio para reparo – MTTR, da figura 8, pode-se perceber que houve uma minimização do tempo de reparo no equipamento/máquina, tendo iniciado no ano de 2014 em 17 horas e reduzindo para 9 horas em julho de 2016, tendo uma minimização de 52.9% no tempo de reparo de máquina.

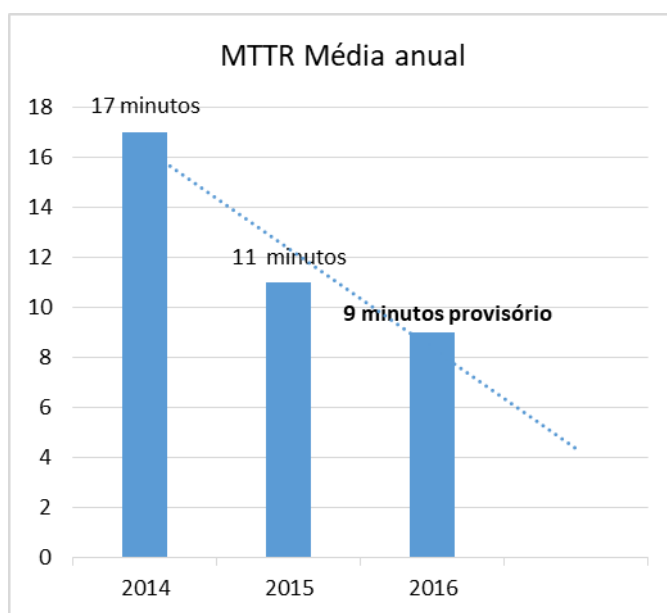


Figura 8 – Tempo médio para reparo

Fonte: Os autores

Já a análise do indicador de qualidade, figura 9, descreve a eliminação do retrabalho, o qual no ano de 2014 obteve 15 unidades fora do padrão de qualidade esperado, porém, até julho de 2016, esse índice foi zero.

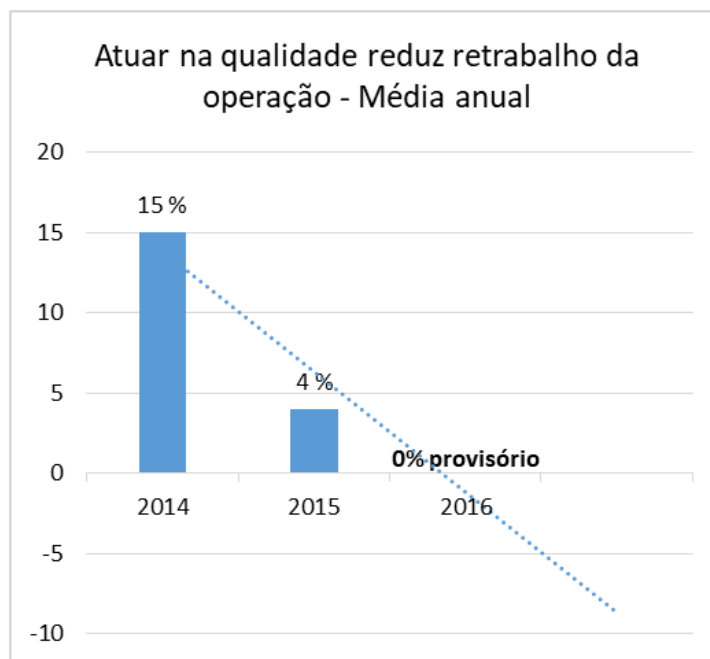


Figura 9 – Qualidade
Fonte: Os autores

Na análise do indicador do OEE, da figura 10, pode-se quantificar, quanto evoluiu tal indicador, desde seu início em 2014 até julho de 2016, dando um salto de eficiência de 55,6% para 85,6%, sendo maximizado em 30%, que é o planejado pela empresa.

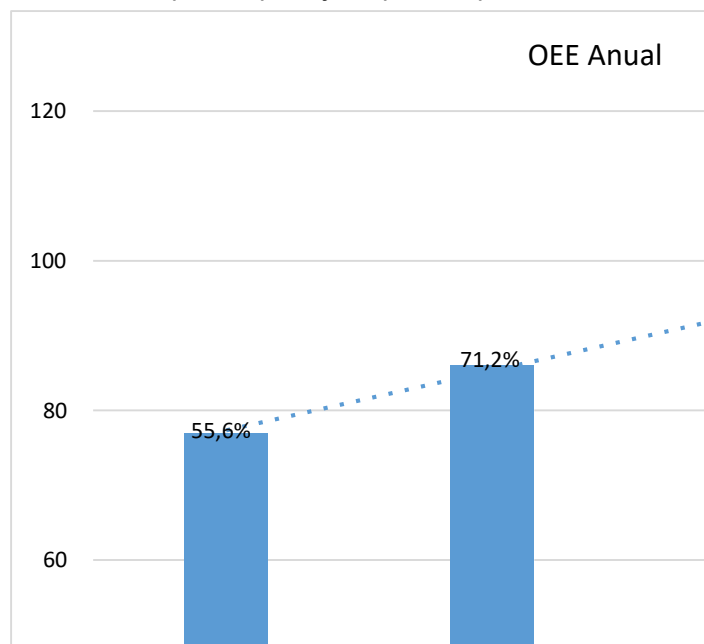


Figura 10 – OEE
Fonte: Os autores

Para tanto, pode-se afirmar que, mesmo o pilar MA, pondo o setor de operação em condições de assumir responsabilidades do setor de manutenção, integrando as tarefas indiretas levando as equipes à gestão autônoma.

Ainda assim, o mesmo necessita dos pilares básicos que ajudam à maximizar a eficiência do equipamento para dar apoio, como o EDT, que qualificou os técnicos de manutenção com mais habilidades a desenvolver a parte analítica, e também educou, qualificou e motivou os colaboradores da operação a desenvolver suas capacidades em manutenção.

4 CONCLUSÕES

O pilar MA com o propósito se tornar eficaz para promover no ambiente de trabalho as mudanças que garantem alto nível de produtividade, necessita de apoio de pilares básicos, de modo que sem os mesmos não teriam condições necessárias para atuar no planejamento de implementação da metodologia TPM.

Como resultado da implementação do TPM, o mais relevante indicador de equipamento/máquina a OEE, teve o valor maximizado para 33% em dois anos e meio, indicando que a capacidade de produção aumentou, tornando possível o aumento de receita da empresa.

5 REFERÊNCIAS

- [1] Singh, K., Ahuja, I.S. (2013) Synergistic suitability of transfusion of TQM-TPM for Indian manufacturing industries using fuzzy-based model simulation. *International Journal of Business Continuity and Risk Management*, v. 4, n. 1, p. 36-46.
- [2] Shirose, K. (2000) TPM Total productive maintenance new implementation program in fabrication and assembly industries. 4. ed. Tokyo: Japan Institute of Plant Maintenance.
- [3] Sachdeva, A., Kumar, D., Kumar, P. (2008) Planning and optimizing the maintenance of paper production systems in a paper plant. *Computer & Industrial Engineering*, v.55, n. 4, p. 817-829.
- [4] Chandegra, P., Deshpande, V.A. (2014) Total Productive Maintenance implementation through different strategies: a review. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, v. 1, n. 11, p. 117-128.
- [5] Pathak. S.S. (2015) TPM Implementation to Fine-Tune Manufacturing Performance: An Indian Industrial Way. *International Journal of Business Quantitative Economics and Applied Management Research*, v.1, n. 8, p. 71-82.
- [6] Nakajima, S. (1989) Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance. IMC, São Paulo.
- [7] Waghmare, S.N., et al. (2014) Failure Mode Effect Analysis and Total Productive Maintenance: A Review. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering*, v. 1, n. 6, p. 183-203.
- [8] Suzuki, T. (1993) TPM – Total Productive Maintenance. JIPM & IMC, São Paulo.
- [9] Lazim, H.M., et al. (2008) Total productive maintenance and performance: A Malaysian SME experience. *International Review of Business Research Paper*, v. 4, n. 4, p. 237-250.
- [10] Wakjira, M.W., Singh, A.P. (2012) Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry. *Global Journal of Researches in Industrial Engineering*, v 12, n. 1, p. 24-32.
- [11] Vinay, K. S. et al. (2014) Action Plans in Implementing Total Productive Energy Maintenance in Industry. *International Journal of Innovative Research & Development*, v. 3, n. 6, p. 42-48.
- [12] Chaves, R.P., Callado, A.A.C. (2014) *Ciência da Administração*, v. 20, n. 1, p. 80-105.
- [13] Rhee, S.J., Ishii, K. (2004) Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability. *Advanced Engineering Informatics*, v. 17, p.179-188.
- [14] Muchiri, P et al. (2010) Development of maintenance function, performance e measurement frame work and indicators. *International Journal of Production Economics* DOI: 10.1016/j.ijpe.2010.04.039
- [15] Filho, G. B. (2006) Indicadores e índices de manutenção. Rio de Janeiro: Ciência Moderna.

Survey on thermal comfort in the metal industries

Norma De Melo Pinto

Ergonomics Consulting Office/ Vitoria, Espirito Santo,
Brazil E-mail: normapintodemelo@gmail.com

Abstract:

The purpose of this survey is to investigate about the extent of job satisfaction of workers in metal manufacturing industry. To study the subject matter and to comply with its goals, the investigation based on empirical procedure required to the systematic observation and, the search for relevant details “*in locus*” which was possible through the researcher’s acquaintance with wide known experts experienced on the peculiarities of this theme. The results derived from the variables taken for measurements of an environment of an industrial plant operating whilst getting the variable sensations reported by the employees. Later to calculate the PMV and PPD indexes on the collected subjective parameters from the environment. It is also included herein, the statistical analysis that gave grounds for verifying the variables Normality in this study, so to distinguish the correlation and the non-linear regression of the variables coming up in this research. The estimated indexes, the subjective collected parameters, the surveyed sectors unities were out of the regulated range of thermal comfort standards, mainly in relation to the temperature. The research ratifies the validity of ISO 7730 (2005) in this field study and, the data collected being liable to be compared with similar researches into other steel making plants.

Keywords: Thermal comfort; Industrial environment; Job satisfaction; Physical health

1. INTRODUCTION

The man, since the start of the existence, searched for the cavern to shelter from the sun and the rain. Intuitively learned to protect from the aggressive environment. The human organ, in its evolution process, developed several set of mechanisms that allow its adaptation to the environment aiming the wellbeing. The scientific concern of the man with thermal comfort is an old issue. The first condition for a person to be in a state of thermal comfort is the assurance that he is in a thermal balance with the heat generated by his body's organs is proportionally dissipated to the environment, utilizing the heat exchanging through convection, radiation, conduction and evaporation.

A comfort as well as a thermal stress are associated to the subjective field of the human sensations conditioned to physical, physiological and psychological factors. The thermal stressing may come derived from a psycho-physiological state under which an individual might undergo when exposed to an extremely cold or hot environment conditions: *cold stress* and/or *heat stress*. Thermal stressing is a subjective response that leads an individual to express personal thermal dissatisfaction that derives from the changes in his body as a result from the environmental exceeding high or low temperatures.

The results deriving from studies and their diversified various applicability to the already built up constructions, have implemented better environmental conditions, so as, to allow that the duration and intensity of the occupants or employees job activities to be compatible with their psychophysiological characteristics.

2. PURPOSE

The purpose of this survey is to investigate about the extent of job satisfaction of workers in metal manufacturing industry under severe thermal environment conditions. To analyze the currently existing conditions of thermal comfort in an environment of a steel making industry and the effects thereof on its employees while they are in their metallurgical work activities.

Thus, this study developed as done by the second group, since it seeks the knowledge of the existing conditions and parameters to determine the environment thermal comfort for the plant facilities of an industry operating in the field of metal making products. It analyses the environment and individual personal variances, as well as the subjective parameters required for the environment where the individuals work with metal making and handling apparatus which involves or not the heat while in search of new knowledge and arguments for updating the currently existing literature on thermal comfort. However, this is not the purpose of this study to analyze the thermal discomfort caused either by cold or by heat over the undesired points of human body.

3. METHODOLOGY

To study the subject matter and to comply with its goals, the investigation based on empirical procedure required to the systematic observation and, the search for relevant details "in locus" which was possible through the researcher's acquaintance with wide-known experts experienced on the peculiarities of this theme. Primarily the bibliographic details of the subject and concepts on thermal comfort were gathered.

As to the classification of this survey for the research characterized as an experimental one. According to [1], this experimental research considered an example of scientific researches, since there exists a high level of situation control thereon, being possible to separate each of any structures from the external interferences whatsoever thereon, thus its results generating greater reliability. Even though, it is flexibility allows that a solution given to the countless distinct problems in a single experiment. From the viewpoint on the way of approaching the problems, this research is characterized as an overwhelmingly quantitative and, it aims to measure the determined variables that guide it in conformity with [2], this showing the specific characteristic of a quantitative approaching.

According to its objective, this survey of research considered an exploratory one, involving the gathered published bibliographies in addition to collected data from the field researches, interviews and quests. The aim of exploratory research is to identify the variables in study as actually introduce, their meaning and the context where they inserted. To [3] it assume that the human behavior rather understood in the social context where it occurs.

Significant parameters observed in the assessment of thermal comfort in the environment of an industrial plant, with the use of a Comfortmeter Sensu apparatus for the measurements. The procedures for the measurements were in conformity with what determines the [4].

3.1. Literature review

Under the 1988 [5] support, observed that the work environment is to consider the existing physical and the climatic factors that prevail in the areas of the work environment that might come to influence the employee personal quality of living. The greater deal of an individual lifetime spent inside his works environment that expected to provide him with a dignifying quality of living, as emphasizes [6] and [7] when defining the work environment as "*A complex conditions under which the work force and the capital come together to generate goods and profits*". To [8], the work environment comprises its housing, illumination and the overall work facilities, as well as the salubrious conditions and its eventual peril risks, the wearisome prevention from work turns, materials handling and other elements composing the machine-labor complex.

3.2. Heat exposure in an industry plant environment

To author [9], an environment with noisy and heat work conditions may cause discomfort and increasing accident risks with considerable damages to the health of the employees. As asserted by [10], in some industrial lines of activities the heat produced from the thermal energy may cause serious risk of physical damage to a series of professional activities.

The thermal environment involves parameters that affect the human body's gains and losses of heat. The air temperature, its flowing speed and, the relative humidity and radiance mean temperature, as well as the clothes the workers wear and, the intensity of the human activity, are factors that may unbalance the human thermal body in a specific thermal environment. Authors [11] state that the literature provides several models to serve as a reference source for the human required thermal sensation if under the herein mentioned factors.

The human being concern is to get his own wellbeing and comfort in line with the current humankind development, i.e., the developer are the people more demanding they are regarding their wellbeing and comfort [12]. Within this scope of understanding, some concepts approached herein, so as, to give support to this study in the forthcoming sections covering thermal stress and some indexes, environment comfort and thermal comfort as well.

3.3. Thermal stress and some indexes

The thermal stress divided into stress caused by heat or by cold. According to [13], a thermal stress caused by heat represents a situation of extreme heat that harms the individual organs, causing him a wearing mechanism for thermal balancing.

According to [14], the environments considered too cold could lead to a cold stress. Environments like these and their effects over an individual had searched into, the main index for determining the cold thermal stress known as (IREQ) "*Index required for the Insulation of clothes*." This research does not include the study on thermal stress.

3.4. Environmental comfort

The environment thermal comfort either in a stage of draughts or for environments already built comprises the visual, acoustics and ergonomic comforts. Undoubtedly, according [15] the thermal comfort responds for a better part of an environment comfort either at home or at school and, at a commerce housing as well. Author [12] stated that having in mind the human organs are comparable to a machine that continuously generates heat exhaled to the environment the unbalance between heat generation and the exhaled portion thereof cause unpleasant sensations and lead an individual to a thermal stress.

3.5. Thermal comfort

The thermal comfort is a result of the combination of adjusted parameters, either, for the environment and for the human body [16]. Within this context, the [17] defines that the thermal comfort is a state of mind that expresses satisfaction with the thermal environment and, considers that the

dissatisfaction may occur owing to the heat or cold in the body as a whole or in specific parts thereof, the latter defined as localized discomfort.

According to the editions of the norms [17], [18] and [19], the central definition of thermal comfort focused in the state of mind expressing comfort satisfaction with the thermal environment. That is a definition easy to accept, however, it is not easy to turn into physical measurable parameters. Author [20] makes a brief report and clarifies that the Fanger method [21] adopted as a basis for the preparation of the [17], that held in force until 1994 when it updated.

Regarding the [19], it determines that an environment be thermally comforting when the values of the PMV are found within the interval $-0.5 < PMV < +0.5$, and the values of the PPD $< 10\%$. Generically, adopt the mathematical model to allow the calculation of the PMV, since the variances are known (thermal insulated clothes and metabolic rates), as well as the environmental variances (radiant mean temperature, temperature and its damping proportion, as well as the speed rate of the air draught). Also having a table of complexes which allows that the PMV is gotten directly thereof for each of the distinct combined metabolic rates, thermal insulated clothes, operative temperature and, for the related speed of the air.

In line with that, [21] asserts "*that the thermal comfort is a state of mind that express satisfaction with the thermal environment*", whereas the author [22] reports that the research developed within the period 1970 to 1986 evidenced that the thermal comfort is related to the thermal balance of the human body.

Thus, the thermal comfort may be a state of mind that reflects satisfaction with the thermal environment since having the comprehension that the assessment of this requires a resource that allows the analysis of the degree of satisfaction and well-being of a person able to measure the comfort and the discomfort as well.

When a most of the employees expresses their thermal comfort from their stay under an ordinary environment condition, such environment may consider thermally comfortable [12]. Whereas for the thermal neutrality, [21] asserts that a person does not prefer neither heat nor cold, once his body is in a thermal neutrality condition, i.e., while the heat generated by his organism is discharged to the environment.

According to [19], the most common factors of a specific localized discomfort are the asymmetric radiant temperatures, air draught, the vertical disparity of the air temperature, and contact to cold or heat floors. To this point, the clauses 6 and 7 of the [19] clarify that the thermal environment of housings and/or of work places will come to change along the time and, their current conditions may come to modify within the recommended limits. A method for the long term of thermal assessment focused in the Clause 9 of the aforementioned Norm. Thus, can assert that the studies on thermal comfort provide guidelines for the preparation of a detailed thermal analysis of an environment.

3.6. Heat exchanges between the human body and the environment

The human body generates heat by his metabolism as the result of its physical activities. Part of the generated heat is to keep its internal organs on a temperature close to 37 °C degrees and, the heat in excess eliminated through the heat exchanging between the body and the environment by sweat evaporation, as well as through convection, radiation and conduction.

According to [9], the body internal temperature may oscillate in 37 ± 2 °C, i.e., from 35 °C to 39 °C. Beyond or less than these values indicates abnormality and yet, the temperatures below 25 °C and above 42 °C may lead an individual to die. "*This differs from the temperature of the skin surface which may vary in each part of the body and, also undergo major variations if in contact with external atmosphere.*"

In corroboration, [23] and [24] assert that the human organs are homeothermal and keep their internal temperature to 37 °C, with an acceptable narrow limitation close to 36.1 °C and 37.2 °C, whilst 32 °C is the minimum acceptable limit and, 42 °C the utmost acceptable limit for someone to survive from a disease state. The temperature variations for protection of the body's organism are more intense in the warm than in the cold season, however, it can be said that "*it is easier for an organism to keep its corporeal temperature when undergoing rather a cooling than a heating condition*" [24].

To [25], the losses of sweat by means of water evaporation related to the heat carried from the body interior forward to the skin and, to the sweat evaporation across itself. The intensity of the heat losses by water evaporation depends on the area of the skin and, on the difference between the pressure of the steam water over the skin and, on the environment remaining air. The air humidity influences the sweat evaporation through the skin. The drier is the air, more intense is the sweat evaporation

and, better is the sensation of skin freshness, this leading the employee to execute his work tasks under a milder thermal sensation than the air temperature measured by the thermometer.

In reverse, as much closer the air humidity is to saturation, lesser is the sweat evaporation and, greater will be the possibility of an employee's body to have its internal temperature raised while doing his work tasks. This may lead him to feel an environment warmer than the temperature measured by the thermometer and, even alter his physiological trends then, reflecting over his work productivity and safety.

To [9], the ventilation is an important factor in the thermal comfort. In environments warmer than 35 °C, the evaporation is the only available resource for the body organs to eliminate its overheat and, to keep its thermal comforting balance with a nice breeze close to its skin. The ventilation helps to remove, by convection, the heat generated by the body. Upon the removal of the saturated air close to the skin, the air flowing turns easier the sweat evaporation and the body becomes refreshing. In industrial environments, the ventilation may be the main factor for the removal of the polluted aero-diffusing air.

The speed of air is pleasant when it is between 0.1 and 0.2 m/s for an environment where in work soft task activities, under a temperature around 24 °C. Heavy work tasks activities or under saturated air the preferring air speed raise from 0.2 to 0.5 m/s. The Norm NR-17 determines that the maximum air speed be of 0.75 m/s for work light tasks. This speed must reduce to 0.15 m/s during the winter. In environments with heat sources and works heavy tasks, that speed may raise up to 1.50 m/s [7]. An adjusting model of thermal comfort takes into account a series of responses gathered from persons in buildings, so as, to get a thermal comfort therein.

3.7. Assessment of the clothes thermal insulation

This research utilized the [26] to determine the values for the employees' thermal insulated dressings. Some of the dressing insulating values suggested by the International Norm for a variety of garments complexity for the employees work tasks not found at the researched industry, thus, a combined sum of values of "clo" for sundry pieces assumed, as recognized by [26]. Table 1 shows some values of clothes thermal insulation for daily work use.

Table 1: Values for clothing thermal insulation, Source: Adapted from [26]

Garment c (clo)	(clo)	(c)
Apron	0.30	
Wool made sweater	0.30	
Boot	0.10	
Long sleeves made of light fabrics	0.22	
Short sleeves shirt an uniform	0.15	
Wool made shirt with long sleeves	0.30	
Trousers of an uniform	0.25	
Long sleeves shirt made of nylon	0.25	
Underpants	0.10	
Gloves	0.05	
Socks	0.02	
Knee stockings ³ / ₄	0.05	
Ordinary shoes	0.08	
Shirt, knitted trousers, shoes		0.65
Shirt, trousers, underpants, stockings, shoes		0.75
Shirt, trousers, jacket, stockings, shoes		0.86

3.8. Model predicting the thermal sensations (*sens pred*) through multiple regression

In order to predict the rates of the sensation variable, on the basis, of another personal and environmental variables and, to describe the relationship among them, it was utilized a multiple linear regression [27]. The coefficients of the regression equation were determined and calculated onto a specific software in conformity with the statistical studies of [27] and [28], and, their corresponding results.

4. FIELD SURVEY

The measurements works and observations were carried out in May, August and November, 2010 at the same places of work. The table 4 reflects the sectors, dates, locations, quantity of employees in searching and, the measurement figures. Six days established for measuring, for each scheduled month, repeated in the following way:

1st day at the environment of bending process; 2nd day at the press shaping sector; 3rd day at the parts unloading sector; 4th day at the parts loading sector; 5th day either at the metal bending processing and containers sectors; 6th day at sector of the containers stippling and seaming.

The corporate allocated the Specialized Service of Safety Engineering and Labor Medical Care, so as, to provide the industrial area of works with the required signaling, also allocating an electrician to devote some of his working time to supply energy for the measuring equipment. Was provided the required signaling, also having authorized one of its employees attending the Technical Course of Labor Safety to assist this research as a trainee.

A total of 72 measurements of the environment variables were taken, including those of the employees personal and subjective variables, of which 24 measurements were taken during 6 days of May; another 24 measurements during 6 days of August, and 24 measurements in 6 days of November, 2010, as shown in the Table 4. The measuring works carried out by male employees, the better part of them working on their stand up position. The resulting details of the examined environment collected without any modification in the works processing routine. The total quantity of examinations for the variables of this research corresponds to 72 measurements taken.

5. RESULTS

The results derived from the variables taken for measurements of an environment of an industrial plant operating in the field of metal industry whilst getting the variable sensations reported by the employees. Later to calculate the PMV and PPD indexes on the collected subjective parameters from the environment. It is also included herein, the statistical analysis that gave grounds for verifying the variables normality in this study, so to distinguish the correlation and the non-linear regression of the variables coming up in this research.

Table 1: *Measurement places, dates and employees, Source: Adapted from [26]*

Sector	Work sector	Date	Employee	Measurement
Stamping	Bending machine	18.05.2010	5	01 to 0
	Presses	19.05.2010	8	05 to 08
Painting	Unloading sector	20.05.2010	7	09 to 12
	Loading sector	21.05.2010	5	13 to 16
Stamping	Bending & presses	25.05.2010	8	17 to 20
Container	Seaming & stippling	26.05.2010	8	21 to 24
Stamping	Bending machine	17.08.2010	15	25 to 28
Presses		18.08.2010	7	29 to 32
Painting	Unloading	19.08.2010	6	33 to 36
	Loading	20.08.2010	5	37 to 40
Stamping	Bending & presses	24.08.2010	7	41 to 44
Container	Seaming	25.08.2010	8	45 to 48
Stamping	Bending	16.11.2010	14	49 to 52
Presses		17.11.2010	8	53 to 56
Painting	Unloading	18.11.2010	9	57 to 60
	Loading	19.11.2010	5	61 to 64
Stamping	Molding & presses	23.11.2010	9	65 to 68
Container	Pointers (sealing)	24.11.2010	9	69 to 72
Total surveyed			153	

The measurements recording of environmental variables, as well as those of air temperature, speed of air flowing, globe temperature and related moisture in the air temperature, scheduled to do at every 30 minutes in the equipment that stabilizes after a period of 25 minutes. Along the

measurements tasks, the employees kept themselves working normally, while they submitted to the questionnaire forms on their thermal sensations and preferences.

At the same time, their clothing and work activities observed. Noted down for the purpose of setting up afterwards, their applicable metabolic rates in the calculation of their metabolic produced heat (M), in conformity with the [29] and, the used thermal insulated clothing (Icl) in the calculation of the thermal clothing resistance, in conformity with the [26].

The studies of [30] show the range of thermal sensations of ASHRAE, Bedford and the scale of Preference. The adopted questionnaire forms for this research comprises a range of thermal sensations and another for thermal preferences with a diffused interpretation. as shown in the Figure 1.

Numeric code (Seven point scale)	ASHARE scale Thermal sensation	THERMAL PREFERENCE
3	Very hot	Rather cold
2	Hot	Too cold
1	Slightly hot	Slightly cold
0	Neutral	No change
-1	Slightly cold	Slightly hotter
-2	Cold	Very hot
-3	Very cold	Too hot

Figure 1: Range of thermal sensations and preferences, Source: Adapted from [30]

The thermal sensation is the perception of a thermal comfort in relation to the environment and, the thermal preference is the individual consciousness that is the situation to obtain thermal comfort. According to [19], in the situation of thermal comfort where $(-0.5 < \text{Sens} < +0.5)$ the percentage of thermally dissatisfied with the environment is 10%. The thermal adequacy shall determine whether an environment is comfortable for its occupants, through the analysis of the percentage of the dissatisfied occupants found in the reported sensations with intervals of $(-0.5 < \text{Sens} < +0.5)$. Better explaining, the thermal comfort occurs in the referred to interval, for the dissatisfied individuals analyzed in their job site.

The thermal sensations and preferences reported by the interviewed individuals analyzed as per the ASHRAE Standard 55 - 1981 and, the checked thermal comfort indexes were analyzed in accordance with the [19], and as determined by [18]. The measurements taken in homogeneous environments with the bodies up to the level of their abdomen at the height of 1.1 m of employees in their stand up position, and 0.6 m for those in charge of handling the presses, whilst an equipment for the measurement of the environmental variables was used. The questionnaire forms passed on to the employees to report therein their personal variables for the subjective parameters.

6. ANALYSIS

6.1. Assessment of the PMV indexes

The [19] clears up that the human being thermal sensation is associated mainly with his body's thermal balance as a whole. That balance is influenced by the physical activities and by the clothes that are worn and by the environment parameters such as: air temperature, mean radiant temperature and, by the speed and humidity of the air as well. When these factors estimated or measured, the body's thermal sensation as a whole may foresee through 'the estimated Parameters Mean Votes (PMV).

On awareness of the personal parameters and those of the clothes thermal insulation, as well as, on the metabolic rate in activities upon measuring the physical parameters, the air temperature, the radiance mean temperature, the speed and humidity of the air. The PMV calculated by the Equation 1, as indicated by [19].

$$\text{PMV} = (0.303 \cdot \text{EXP} (- 0.036M) + 0.28) \cdot L \quad (1)$$

where:

PMV = Estimated Mean Votes, or analytical sensation of thermal comfort that was not possible to be dimensioned.

M = Metabolic rate producing the body heat caused by its activity in work tasks, in W/m^2 ;

L = Thermal load acting over the body, in W/m^2 .

According to [19], it is recommended the use of the PMV index between the values -2 to +2 in the seventh range of sensations. It also recommended the utilization of the PMV when the six parameters found in the following intervals:

$M = 46$ to 232 W/m^2 (0.8 to 4.0 met);

$|c| = 0$ to $0.31 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ (0 to 2 clo);

$T_{\text{rm}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ to $40 \text{ }^\circ\text{C}$;

$S_{\text{ar}} = 0$ to 1 m/s ;

$P_{\text{a}} = 0$ to 2700 Pa

The PMV predicts a mean value for a given large group of persons, in conformity with the range of a seven points of sensations. Positive values corresponding to situations of heat discomfort, the zero value corresponding to a situation of comfort and, negative values indicating cold discomfort. The existing sensorial scale varies as follows: +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3, and respectively correspond to very hot; hot; slightly hot; neutral; slightly cold and very cold sensations.

6.2. Calculation of the PPD indexes

The predicting percentage of dissatisfied persons (PPD) provides information about the thermal discomfort or thermal dissatisfaction, because it foresees the percentage of persons that might feel very hot or very cold in a specific environment. The values of the PMV and the equation indicated by [19] as already aforementioned, were utilized to determining the PPD index applicable.

The PPD index that indicates the percentage of dissatisfied persons with the environment then existing thermal conditions that are straight in line with the PMV, may be obtained from the same data and software utilized for the calculation of the PMV or, by means of the scheme as shown in the Figure 2.

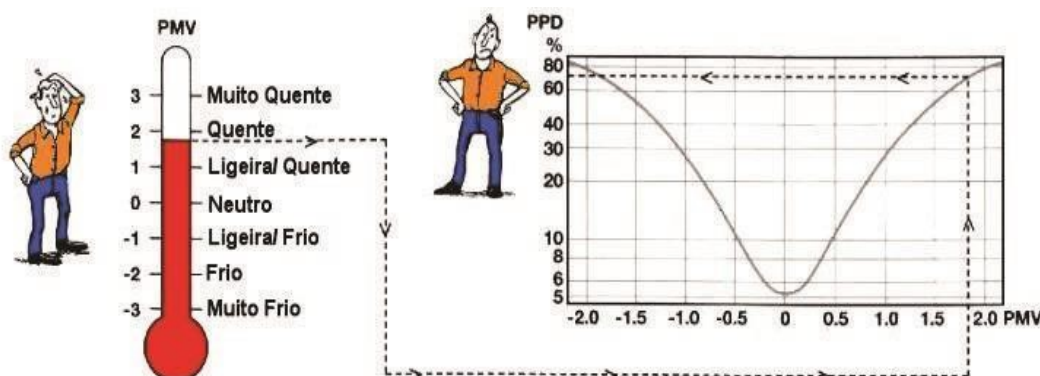


Figure 2: Percentage of Dissatisfied Persons as per the Parameter Mean Vote, Source: [31]

When the PMV is already calculated, the PPD can gotten from the graph contained in the [18], or, analytically through the expression introduced by the Equation 2, as follows:

$$\text{PPD} = 100 - 95 \cdot \text{EXP}(- (0.03353 \cdot \text{PMV}^4 + 0.2179 \cdot \text{PMV}^2)) \quad (2) \text{ where:}$$

PPD = percentage of persons dissatisfied, in %;

PMV = percentage of estimate mean vote, or, analytical sensation of thermal comfort, pending to the individuals personal reported sensations.

According [19], an environment is considered to be thermally acceptable when it satisfies at least 94% of its occupants, at a PMV between $-0.2 < \text{PMV} < +0.2$, or when 90% of its occupants are satisfied. At the PMV between $-0.5 < \text{PMV} < +0.5$ (the latter being a prior version of [18] and, when it satisfies 85% of its occupants with the PMV being between $-0.7 < \text{PMV} < +0.7$. The percentage of the dissatisfied persons was expanded, so as, to comply with the studies developed afterwards those of [21], which brought about new arguments of the PMV restricted values for thermal comfort, its new version going from -0.2 to +0.7.

The acceptance of a thermal environment of the A category being a $\text{PPD} < 6$; the B category being a $\text{PPD} < 10$; and for C category being a $\text{PPD} < 15$.

6. DISCUSSION

6.1. Statistical description of the variables in this study

Based on the indications of the Concluding Results and Arguments, Statistics Description of the Variables in this study outlined and shown in the following Table 3.

Table 3: Descriptive Statistic of the Study Variables, Source: Field survey

Variables	N	Statistical Descriptions					
		Mean	Intermediate	Minimum	Maximum	Variance	Standard Deviation
M	72	132.70	131.00	105.00	162.22	202.98	14.25
Lcl	72	0.99	0.98	0.74	1.26	0.01	0.12
Tar	72	23.66	22.94	13.10	37.20	30.87	5.56
Trm	72	25.76	24.82	14.18	40.36	37.84	6.15
RHA	72	56.37	57.42	22.08	87.83	235.71	15.35
Sar	72	0.76	0.65	0.28	2.25	0.14	0.38
PMV	72	1.29	1.12	-0.42	3.00	0.84	0.92
PPD	72	44.47	32.84	5.59	99.98	1090.46	33.02
Sens.	72	1.26	1.38	-1.43	3.00	1.20	1.09
Pref.	72	0.77	0.59	-0.75	2.80	0.86	0.93

Recommend the use of the PMV index as indicates the [19], when six parameters coincides with the following intervals:

M = 46 to 232 W/m² (0.8 to 4.0 met);

|c| = 0 to 0.31 m²°C/W (0 to 2 clo);

Tar = 10 °C to 30 °C;

Trm = 10 °C to 40 °C;

Sar = 0 to 1 m/s;

Pa = 0 to 2700 Pa

It is noticed that the Tar, Trm, Sar and RHA are beyond the utmost limits determined by the [19], requiring new studies with focus on the thermal stress in industrial environments.

7.2. Analysis of environmental variables normality

In the statistical analysis of regression was required to verify whether each variable approximates or not to the normal curve of distribution. To check whether the environmental variables are within the standardized ones, it was utilized the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test that is 90% of reliance level.

Table 4: Normality testing of variables, Source: Field survey

Variables	d(max)	> or <	d(critical)	Normality Test
				KolmogorovSmirnov (K-S)
M	0.066	<	0.160	Non-rejected data of hypothetical abnormality
lcl	0.119	<	0.160	
Tar	0.109	<	0.160	"
Trm	0.080	<	0.160	"
RHA	0.062	<	0.160	"
Sar	0.145	<	0.160	"
Sens	0.056	<	0.160	"
Pref	0.111	<	0.160	"
PMV	0.099	<	0.160	"
PPD	0.152	<	0.160	"

The result derived from the test shows that the listed, measured, collected or calculated variables, such as M, |c|, Tar, Trm, RHA, Sar, Sens, Pref, PMV and PPD where the maximum residual in relation to the normal distribution. If the maximum c| is smaller than the critical c|, thus evidencing that the hypothetical normality of the collected data may come to not rejected.

For the significant level of 90% out of the 72 measurements, the value of the critical |c| is equal to 0.160. The table 4 shows that the studied variables indicate a normal distribution of the data with a reliance level of 90% in conformity with the test of Kolmogorov and Smirnov (K-S), thus, these variables considered to have been distributed within normality.

7.3. Model predicting the thermal sensations (sens pred) through multiple regression

This refers to the statistical studies of the sensations reported by the employees regarding to the six variables M, |c|, Tar, Trm, RHA and Sar.

The coefficients of the regression equation were determined and calculated onto a specific software in conformity with the statistical studies their corresponding results shown in the Table 5.

When p-value < 0.05 the estimated coefficients are significant in the found equation. The predicted sensations calculated in conformity, through the regression Equation 3. The predicted sensation is the one derived from the regression analysis between the sensation dependent on the variable reported by the employees and, those independent ones considered to influence variables.

Table 5: Summary of regression for varying sensations (Sens), Source: Field survey

N=72	Beta	Beta Error	regression for dependent variabl		t(65)	p-value
			R ² = 0.86	p<0.000		
			B	B Error		
Intercepted			-2.83144	1.023556	-2.76628	0.007374
M	0.279867	0.057106	0.02149	0.004385	4.90082	0.000007
Lcl	-0.131701	0.064785	-1.21642	0.598370	-2.03289	0.046152
Tar	0.245288	0.173738	0.04830	0.034208	1.41183	0.162770
Trm	0.403419	0.168586	0.07174	0.029981	2.39295	0.019612
RHA	-0.094396	0.067157	-0.00673	0.004785	-1.40561	0.164602
Var	-0.76985	0.068979	-0.22381	0.200540	-1.11606	0.268506

The resulted math equation points to the sensations that the employees might having as a consequence of the changes in their bodies thermal heating and, of the environmental physical conditions, as well as of their clothes thermal insulation and, the metabolic rates required by their activities.

$$\text{Sens Pred} = 0.02.M - 1.22. |c| + 0.05.Tar + 0.07.Trm - 0.01.RHA - 0.22.Sar - 2.83 \quad (3)$$

Comparing the results derived from equation 3 for the predicted sensations with the actual sensations in 20% of the measurements, the employees reported to feel more heat than what indicated in the predicted sensations. Those results might be the consequences of the employees' non-adaptation to higher temperatures.

From the model encountered out of the use of the multiple linear regression, 86% of the sensations variances thereof are explained by the model, whereas, the use of the PMV Model only 81% are explained by the model. The improvement of the adjustment through the linear model showed the determinant coefficient of R² = 0.86.

7.4. The descriptive statistical variables of the study

With the data of the results and discussions, reached the results of the descriptive statistics of the variables of the study as shown in the Table 6.

Table 6: Descriptive statistics of variables of the study, Source: Field survey

Variables	N	Average	Median	Minimum	Maximum	Variance	Standard deviation
M	72	132.70	131.00	105.00	162.22	202.98	14.25
lcl	72	0.99	0.98	0.74	1.26	0.01	0.12
Tar	72	23.66	22.94	13.10	37.20	30.87	5.56
Trm	72	25.76	24.82	14.18	40.36	37.84	6.15
RHA	72	56.37	57.42	22.08	87.83	235.71	15.35
Sar	72	0.76	0.65	0.28	2.25	0.14	0.38
PMV	72	1.29	1.12	-0.42	3.00	0.84	0.92
PPD	72	44.47	32.84	5.59	99.98	109.46	33.02
Sens.	72	1.26	1.38	-1.43	3.00	1.20	1.09
Pref.	72	0.77	0.59	-0.75	2.80	0.86	0.93

Recommend the utilization of the PMV index, according to [19], when six parameters found in the following intervals:

$$M = 46 \text{ to } 232 \text{ W/m}^2 \text{ (0.8 to 4.0 met);}$$

Icl = 0 to 0.31 m²°C/W (0 to 2 clo);

Tar = 10 °C to 30 °C;

Trm = 10 °C to 40 °C;

Sar = 0 to 1 m/s;

Pa = 0 to 2700 Pa

Observe that Tar, Trm, Sar and RHA exceed the upper limits stipulated by the [19] that can suggest new studies aiming thermal stress in industrial environment. The majority of concentration is within 0.0 to 2.0 that can consider as normal, although the peak between 2.5 to 3.0 requires some attention.

8. CONCLUSION

Based on the analysis of the thermal environment by means of the collected reported physical conditions, as well as by the estimated indexes, the subjective collected parameters, the surveyed sectors unities were out of the regulated range of thermal comfort standards, mainly in relation to the temperature. The research ratifies the validity of ISO 7730 (2005) in this field study and, the collected data being liable to be compared with similar researches into other steel making plants.

9. REFERENCES

- [1] Kerlinger, F.N. (1979) Methodology of research in social sciences. Sao Paulo: Pedagogy & University.
- [2] Miguel, P. A. C., et al. (2010) Methodology of research in Production Engineering and Operation Management. Rio de Janeiro: Elsevier.
- [3] Queiroz, M. I. de P. (1992) The researcher, the problem of research, choice of the techniques: some reflections. In: Lang, A.B.S.G., org. Reflection on sociological research. Sao Paulo, Center of Rural and Urban Studies. p. 13-29. (Collection of Texts; 2nd serial, 3).
- [4] _____.(1996) Ergonomics of the thermal environments - Instruments for measuring physical quantities, ISO 7726. Geneva.
- [5] Brasil. (1988) Brazilian Constitution. Summary. Retrieved in: <http://www.stf.gov.br/> Access in: Aug. 21, 2006.
- [6] Grott, J. M. (2008) Work environment: prevention – the safeguard of the worker. Curitiba: Juruá.
- [7] Rocha, J. C. S. (1997) Environmental right and environment of the work: loss, juridical prevention and protection. 3rd ed. Sao Paulo: LTC.
- [8] Rufino, R. C. P. (2006) Moral harassment in the enterprise environment. 2nd ed. S Paulo: LTC.
- [9] Iida, I. (2005) Ergonomics: design and production. 2th ed. Sao Paulo: Edgard Blücher.
- [10] Santos, J. E. G., Santos Filho, A. G. and Bormio, M. F. (2005) Thermal Comfort: evaluation in agricultural tractors without cabins. In: Production Engineering Symposium (SIMPEP), 11, Annals... Bauru (SP).
- [11] Al-Homoud, M. S., Abdou, A. A. and Budaiwi, I. M. (2009) Assessment of monitored energy use and thermal comfort conditions in mosques in hot-humid climates. Energy and Buildings, Amsterdam, v. 41, n. 6, p. 607-614.
- [12] Xavier, A. A. P. (1999) Conditions of thermal comfort for high school students in the Florianopolis region. 198 p. Master's Dissertation – Department of Civil Construction, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis.
- [13] Leite, E. S. C. M. (2002) Thermal Stress by heat – comparative study of methods and norms of quantification. 123 f. Master's Dissertation. Graduate Program of Department of Civil Engineering Federal University of Santa Catarina, Florianopolis.
- [14] Lamberts, R. and Xavier, A. A. P. (2011) Thermal comfort and thermal stress. Laboratory of Energy Efficiency in buildings. Florianopolis.
- [15] Nogueira, M. C. J. A., Durante, L. C. and Nogueira, J. S. (2005) Thermal comfort in the public school in Cuiaba, MT: case study. Electronic Magazine of the Master's in Environmental Education, v. 14, p. 3749, Jan./Jun.
- [16] Peeters, L., Dear, R., Hensen, J. and D'Haeseleer, W. (2009) Thermal comfort in residential buildings: Comfort values, and scales for building energy simulation. Applied Energy, v. 86, n. 5, May, p. 772-780.
- [17] ISO (1984) Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, ISO 7730. Geneva.

- [18] _____. (1994) Moderate thermal environments - Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, ISO 7730. Geneva.
- [19] _____. (2005) Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions of thermal comfort, ISO 7730. Geneva.
- [20] Gouvea, T. C. (2004) Evaluation of thermal comfort: experience in the clothing industry. 164 p. Master's Dissertation – Department of Civil Construction, Unicamp, Campinas.
- [21] Fanger, P. O. (1970) Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering. New York: McGraw-Hill Book Company.
- [22] Ruas, A. C. (2001) Evaluation of thermal comfort: contribution to the practical application of the International Norms. 79 p. Master's Dissertation. Graduate Faculty of the Civil Engineering of the State University of Campinas, Campinas
- [23] Frota, A. B. and Schiffer, S. R. (1999) Handbook of the thermal comfort: architecture, urbanism. 3rd ed. Sao Paulo: Studio Nobel.
- [24] Gallois, N. S. P. (2002) Analysis of the stress conditions and thermal comfort under low temperatures in the frigorific industries of Santa Catarina. 125 p. Master's Dissertation – Department of Production Engineering, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis.
- [25] Grandjean, E. and Kroemer, K. H. E. (2005) Ergonomics Handbook: adapting the work to the man. 327 p. 5th ed. Porto Alegre: Bookman.
- [26] _____. (2007) Ergonomics of the thermal environment - Determination of thermal isolation of the clothing, ISO 9920. Geneva.
- [27] Werkema, M. C. C. and Aguiar, S. (1996) Regression analysis: how to understand the relationship between the variables and the process. 1st ed. Belo Horizonte: Christiano Ottoni Foundation, School of Engineering of the UFMG.
- [28] Triola, M. F. (2008) Introduction to statistics. 10th ed. Rio de Janeiro: LTC.
- [29] _____. (2004) Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate, ISO 8996. Geneva.
- [30] De Dear, R. J. and Auliciems, A. (1985) Validation of the Predicted Mean Vote model of thermal comfort in six Australian field studies. In: ASHRAE Transactions, v.91 (2B).
- [31] Innova Air Instruments. (2002) Thermal comfort. Retrieved in: < [http:// www.sribd.com/doc/12891912/ Thermal-comfort](http://www.sribd.com/doc/12891912/Thermal-comfort)>. Access in May 20, 2010

COINI 2019

XII° Congreso de Ingeniería Industrial

Este libro “Memorias del XII COINI 2019” reúne los trabajos presentados los días 31° de octubre y 1° de noviembre de 2019, en el Congreso Argentino / Internacional de Ingeniería Industrial. Estos 83 trabajos fueron sometidos a doble evaluación ciega, tienen el más alto rigor científico y se publican como es habitual, con Registro ISBN.

Encontrarán aquí escritos de gestión, de innovación, técnicos y de economía, de emprendedorismo, de educación, y otros. Como puede verse, el amplio campo de la Ingeniería Industrial permite además que otras especialidades se presenten en el COINI, haciendo a este libro muy variado y también muy interesante.

En tal sentido, podemos decir con gran satisfacción y orgullo que gracias a nuestros COINI –que organizamos hace 14 años- y sus publicaciones, dimos ya respuesta a más de 1200 trabajos y a 4000 autores. Así, hemos podido concretar tanto la necesaria transferencia de las investigaciones como el éxito de los procesos de Acreditación de las carreras donde participan.

En otro orden de cosas, debo destacar como novedades del COINI 2019, el acuerdo entre la AACINI y la Red REDICECIA de investigadores Latinoamericanos, que permitirá la edición de la Revista AACINI de Ingeniería Industrial Indexada.

Esta nueva Revista incluirá los mejores trabajos de este los futuros Congresos que organicemos.

Vemos así como la AACINI, la Red Argentina de la especialidad, reconocida por el CONFEDI, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, e integrada por más de 60 Directores de Carrera, contribuye con la producción científica y la educación en Ingeniería, tanto de la República Argentina como de América Latina y del Caribe.

Para concluir, es mi ferviente deseo que continuemos trabajando juntos -con el espíritu de cordialidad que siempre prima en nuestros COINI y en nuestra AACINI- para aportar no solo a la calidad y mejora de la carrera de Ingeniería Industrial, sino también a la producción, difusión y transferencia de conocimientos, indispensables para el desarrollo y bienestar de nuestra querida República Argentina y de América toda.

Espero entonces que disfruten de este libro y que también les sea de utilidad.