

## **Modelos de madurez en la Industria 4.0 y su aplicación en la costa del Río Uruguay.**

Blanc, Rafael\*; Pietroboni, Rubén Mario; Hegglin, Daniel

*\*Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional.  
rafaellujanblanc@yahoo.com.ar*

### **RESUMEN.**

La industria 4.0 implica que una empresa conozca en tiempo real el uso que hacen los clientes de sus servicios. Para la implementación de estas tecnologías de producción se requiere de un cierto hardware, software y conectividad por lo cual acarrea la importancia del análisis del mismo. Los objetivos del estudio son por un lado discutir el estado actual de los modelos de madurez en la industria 4.0 a nivel internacional los cuales determinan el estadio de una firma y sus necesidades de updtates para hacer acercarse a sus competidores y brindar mejor servicio a sus clientes y por otra parte establecer el grado de implementación de tecnologías 4.0. El estudio fue realizado sobre tres parques industriales de la costa del río Uruguay: Gualaguaychú, Concepción del Uruguay y Concordia del cual fueron encuestadas 44 empresas durante el segundo semestre del año 2019. Se realizó un análisis descriptivo sobre las tecnologías implementadas relacionadas a la industria 4.0 a fin de lograr un primer estado de situación de las industrias. La implementación por parte de las industrias de estas tecnologías en la muestra analizada es heterogénea. Dándose firmas que implementan gran cantidad de los ítems analizados como firmas que no tienen este nivel tecnológico en ninguna de las variables del estudio. Se pretende analizar el estado en cuanto a implementación de tecnologías 4.0, y explicar en qué posible nivel de los modelos de madurez actuales se encontrarían.

**Palabras Claves:** Industria 4.0, Competencias, Parque Industrial, Entre Ríos, Recursos Humanos.

### **ABSTRACT.**

The set of activities and technologies drive change towards industry 4.0. This transformation implies that a factory has instantaneous information about the state of its machines or that a company knows in real time the use that customers make of its services. For the implementation of these production technologies, a certain stock of human capital is required, which leads to the importance of its analysis. The objectives of the study are, on the one hand, to establish the degree of implementation of 4.0 technologies, the quality and level of human resources and whether there is a relationship between the human resources that firms have and the degree of implementation of 4.0 technologies. The study was carried out on the industrial park of Concepción del Uruguay, of which 22 companies were surveyed during the second quarter of 2019. A descriptive analysis was carried out on the technologies implemented related to industry 4.0 in order to achieve a first status of the park industries. The implementation by the industries of these technologies in the sample analyzed is heterogeneous. Given signatures that implement a large number of the items analyzed as signatures that do not have this technological level in any of the study variables. The aim is to analyze the state in terms of the implementation of 4.0 technologies, and the level of human resources and the actions after their improvement in the industrial park of the city of Concepción del Uruguay. And finally, if there is a relationship between both levels.

**Key words:** Industry 4.0, Skills, Industrial Park, Entre Ríos, Human Resources.

## 1. INTRODUCCIÓN Y MARCO DE REFERENCIA

Este trabajo surge como continuación del trabajo “Industria 4.0 y su aplicación a escala regional. Caso parque industrial de Concepción del Uruguay, Entre Ríos” [1] el cual intentaba exhibir el estado de implementación de tecnologías de la cuarta revolución industrial en el parque industrial de Concepción del Uruguay el mismo concluía en que el grado de implementación de las tecnologías 4.0 era bajo y si bien había indicios estadísticamente no había una relación significativa entre la presencia de personal calificado como ingenieros, magísteres, doctores y otros profesionales con el nivel de implementación de 4.0. En este trabajo se parte de una base de datos más extendida contando además de con el parque Concepción del Uruguay con los parques industriales de Concordia y Gualeguaychú de la provincia de Entre Ríos con una muestra de 44 casos de empresas de diferentes rubros, antigüedad y tamaño. Se busca estimar el grado de implementación de las tecnologías y si hay relación con variables económicas contextuales.

Por Industria 4.0 se entiende a la convergencia de tecnologías emergentes que posibilitan transformar los modos de operar, definir modelos de negocios y desarrollar procesos de fabricación en las organizaciones [2; 3, 4]. Conforme a Sung Industria 4.0: “significa que las máquinas operarán de manera independiente o se coordinarán con los humanos para producir una fabricación orientada al cliente que trabaje constantemente para mantenerse. Más bien, la máquina se convierte en una entidad independiente que puede recopilar datos, analizarlos y asesorar sobre ellos.” Pp. 41 [4].

Actualmente el conjunto de actividades y tecnologías impulsan cambio hacia la industria 4.0 son: big data, internet de las cosas, robotización, inteligencia artificial, aprendizaje automático e impresión 3D, sensores, realidad virtual y servicios en la nube, y otras. Las mismas, están impactando transversalmente en todos los sectores productivos, cambiando los modelos de producción, gestión y negocio del planeta como sucedió con las tecnologías 3.0. Este fenómeno, marcado por la digitalización y la conectividad, está cambiando la forma de producir, los modelos de negocios, el mercado laboral y las tareas que llevan adelante los trabajadores [5]. Esta transformación, implica, por ejemplo, que una fábrica tenga información instantánea sobre el estado de sus máquinas o que una empresa conozca en tiempo real el uso que hacen los clientes de sus servicios. Este tipo de industria tiene principios básicos [6] que cruzan transversalmente las nuevas tecnologías [6, 7, 8], se analizarán seis en el presente trabajo los cuales se definen como: A) Sistema Cyber Físicos: son integraciones del sistema de software y los procesos físicos. Las computadoras y redes integradas monitorean y controlan los procesos físicos, generalmente con circuitos de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa. El desarrollo de dichos sistemas se caracteriza por tres fases, la primera generación incluye tecnologías de identificación como etiquetas RFID y el almacenamiento de datos de los mismos y los análisis deben proporcionarse como un servicio. La segunda está desarrollada en base a sensores y actuadores con un rango limitado de funciones. La tercera generación puede almacenar y analizar datos, están equipados con múltiples sensores y actuadores, y son compatibles con la red. B) Capacidad en tiempo real: para el control de las tareas organizativas es necesario que los datos se recopilen y analicen en tiempo real. El estado de la planta de producción se capta y se analiza permanentemente, por lo cual, la planta puede reaccionar ante una falla o cambios en la demanda en forma ágil. C) Virtualización: es una tecnología que permite la copia del mundo físico en uno digital lo que puede facilitar la realización de escenarios que podrán ser aplicados al diseño de partes, set up de máquinas, niveles de procesamiento, etc. D) Descentralización: la capacidad de los equipos de poder realizar ciertas rutinas en forma autónoma en caso de inconvenientes y la posibilidad de implementar acceder a datos e implementar órdenes de forma remota al proceso. E) Internet de las cosas (IOT): puede ser definido como la capacidad de los productos de almacenar y proveer datos de estado, uso y ubicación al fabricante, además de proveer características remotas al usuario como manejo, informes de estado, entre otros. F) Robótica: que es el uso de máquinas autónomas o semi autónomas para realizar trabajos sobre todo de tipo repetitivo, algunos de ellos imitan los movimientos de los seres humanos como los robots de manipulación, otro con comportamientos distintos que resuelven tareas varias como los robots de servicio en este apartado se incluye uno de los baluartes de la cuarta revolución industrial que es la producción aditiva o dicho de otra forma la impresión de partes para la elaboración de productos.

Para medir el avance de las firmas en cuanto a la implementación de las tecnologías de esta revolución existen los llamados modelos de madurez los mismos si bien son incipientes y no están aún estandarizados se pueden clasificar según sus alcances o tipo (madurez propiamente dicho o evaluación, preparación, transformación), dimensiones y categorías de análisis, niveles de desarrollo, orientación o enfoque (empresas manufactureras, tecnologías de manufactura, redes de suministros, modelos de negocios, entre otros) y si han evaluado previamente otros modelos [9, 10]. En el trabajo se evaluarán las dimensiones producto y procesos pertenecientes a estos modelos mediante el uso de una serie de sub dimensiones A) Sistemas Cyber Físicos. B) Análisis tiempo real C) Virtualización, D) Descentralización, E) Internet de las cosas (IOT), F) Robótica. A fin de evaluar el nivel de avance o implementación se tomarán en cuenta los promedios de las variables que los componen. A continuación, en el apartado metodología se detallarán las variables y los procedimientos implementados.

## 2. METODOLOGIA

El presente estudio es de carácter exploratorio y corresponde con la primera fase de un proyecto de investigación que tiene como objeto relevar el estado de implementación de tecnologías de industria 4.0 de las industrias de los parques industriales de la provincia de Entre Ríos. Se realizará un análisis de datos primarios de firmas del Gualeguaychú, Uruguay y Concordia de los cuales fueron relevadas 44 (cuarenta y cuatro) durante el segundo trimestre del año 2019 y datos secundarios aportados por los organismos de la provincia de Entre Ríos, cámaras empresariales, etc. A partir de los mismos, se realizará un análisis descriptivo sobre las tecnologías implementadas relacionadas a la industria 4.0 a fin de lograr un primer estado de situación del parque seleccionado en cuanto al próximo estadio industrial. El formulario único se aplicó con encuestador en forma presencial, en las firmas de mayor porte hubo instancias auto administradas y luego con un chequeo de la información por parte de un encuestador. En el módulo sobre Incorporación de Tecnologías 4.0 se evaluaron componentes del modelo de madurez de las dimensiones: Producto, Operaciones y Tecnología. Y características relacionadas con la industria 4.0 como son: sistemas cyber físicos, análisis en tiempo real, virtualización, descentralización, IOT y robótica.

A fin de lograr los objetivos del trabajo se realiza una serie de análisis de tipo descriptivo como son tablas de frecuencias, medias y proporciones. Se utilizará con los promedios de los conjuntos de las variables A-F una técnica de reducción de datos para variables continuas llamada Análisis Factorial [11, 12, 13] a fin de lograr componentes que permitan realizar un proceso de clasificación de casos. Para la clasificar se utilizó un algoritmo de clasificación llamado K-Medias [14, 15] con centro automáticos en los tres componentes hallados con un número máximo de iteraciones de 100 aunque se alcanzó una convergencia de los centros en pocas iteraciones. Las variables sobre las que se realizaron los análisis estadísticos anteriores fueron las siguientes:

### Variables del estudio

#### Industria 4.0

##### A) Sistemas Cyber Físicos.

Hardware de Control (PLC, DCS, CNC, PAC, RTU)

MDC recopilación de datos de una máquina

PDA adquisición de datos de producción

M2M Coordinación de equipos de producción a través de red

MES Sistemas de Ejecución de Manufactura

##### B) Análisis tiempo real

MRP Sistema de planificación de materias primas.

ERP Sistema de planificación de recursos.

Análisis estadístico de datos locales para toma de decisiones.

Herramientas de análisis de datos en la nube.

##### C) Virtualización

CAD Diseño asistido por computadora.

Sistema de control avanzado (inteligencia artificial, red neuronal, etc..).

Realidad aumentada.

Simulación de piezas.

Simulación de sistemas de producción o distribución.

BPM Software.

##### D) Descentralización

Herramientas de análisis de datos en la nube.

Programas en la nube (cloud computing) como reemplazo del sistema local.

Acceso a datos a través de telefonía celular.

Modificación de datos a través de telefonía celular.

##### E) Internet de las cosas (IOT)

Producto almacena datos de uso.

Producto almacena datos de estado y ubicación.

Producto comunica datos de estado y ubicación.  
Producto comunica datos de uso.

**F) Robótica**

ROBOT de manipulación (brazos de selección, ensamblado, soldado, etc.).  
ROBOT de servicio (movimiento autónomo de productos dentro de planta, limpieza, etc.).  
Producción aditiva (impresión de partes).

**Variables contextuales**

Cantidad de empleados  
Antigüedad  
Inversión extranjera directa (IED)  
Conducta exportadora.

A continuación, se presentan los principales análisis y resultados del estudio.

### 3. RESULTADOS Y ANALISIS

Las firmas de los parques industriales son de tamaño mediano de acuerdo a su media y la clasificación de la SEPYME<sup>1</sup>, por otra parte, los máximos y mínimos nos muestran la presencia de micro y grandes empresas, aunque las mismas no son la regla de la muestra.

Tabla 1: *Cantidad de empleados.*

<b>Tamaño muestra</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>
44	2	66	495

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

En el apartado de antigüedad la empresa más antigua fue fundada hace 70 años si bien la media o lo esperado es firmas 28 años de antigüedad, como era de esperar se encuentran empresas de reciente creación con un año de vida.

Tabla 2: *Antigüedad de las Firmas.*

<b>Tamaño muestra</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>
44	1950	1992	2019

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

La inversión extranjera directa en las empresas es un factor importante y un condicionante para su comportamiento teniendo en cuenta esto se observa que el 13,6% tienen participación de capital extranjero.

Tabla 3: *Empresas que poseen en su capital inversión extranjera directa (IED).*

	<b>Frecuencia</b>
<b>Con inversión extranjera directa</b>	13,60%
<b>Sin inversión extranjera directa</b>	86,40%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial

La exportación no es la conducta prevaleciente en la muestra, pero un porcentaje elevado de las firmas declaro haber realizado exportaciones en el periodo evaluado el 45,50%.

Tabla 4: *Conducta exportadora de las empresas de la muestra.*

	<b>Frecuencia</b>
<b>Exportadora</b>	45,50%
<b>No Exportadora</b>	54,50%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial

La implementación de sistemas cyber físicos si bien es heterogénea entre las firmas relevadas poseen variables de elevada implementación como son el Hardware de control, los sistemas MDC y M2M. Las variables menos implementadas son RDIF una tecnología de identificación de componentes con muchos años en el mercado y los MES que son sistemas integrales que necesitan de las variables más utilizadas mencionadas anteriormente sumadas a una capa de software con control y administración.

Tabla 5: *Implementación de Sistemas Cyber Físicos de las empresas.*

<b>Variabes</b>	<b>% de implementación</b>
<b>Hardware de Control (PLC, DCS, CNC, PAC, RTU)</b>	50,00%
<b>MDC recopilación de datos de una máquina</b>	27,30%
<b>M2M</b>	18,20%
<b>Códigos de barras (partes y productos terminados)</b>	13,60%

<sup>1</sup> Resolución (SEPYME) 220/2019, <https://cadime.com.ar/resolucion-general-afip-4477-regimen-de-facilidades-de-pago-de-hasta-60-cuotas-obligaciones-vencidas-hasta-el-31-1-2019-requisitos-formas-plazos-y-demas-condiciones-2/>

<b>PDA adquisición de datos de producción</b>	13,60%
<b>Identificación por radiofrecuencia (RFID)</b>	9,10%
<b>MES Sistemas de Ejecución de Manufactura</b>	9,10%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

La dimensión de análisis en tiempo real cuenta con diferentes paquetes de software que tratan los datos generados tanto por los sistemas cyber físicos como por la demanda de la empresa. Entre estos softwares los más implementados son los MRP, los ERP y el análisis de datos mediante software para tomas de decisiones. A pesar de su resonancia en los medios de comunicación y en las nuevas gamas de productos industriales el análisis de los datos en nubes es la herramienta de menor implementación que alcanza solo el 6,8% de los casos.

Tabla 6: *Implementación de Análisis tiempo real de las empresas.*

<b>Variables</b>	<b>% de implementación</b>
<b>MRP Sistema de planificación de materias primas</b>	34,10%
<b>ERP Sistema de planificación de recursos</b>	20,50%
<b>Análisis estadístico de datos locales para toma de decisiones</b>	20,50%
<b>Herramientas de análisis de datos en la nube</b>	6,80%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

La dimensión virtualización de las firmas que responde al poder prever y simular mediante modelos de computadora a fin anticipar y evaluar los escenarios posibles. La variable de mayor implementación es el diseño asistido por computadora como insumo sobre todo para alimentación de ciertos equipos automáticos. Por su parte tecnologías modernas como son realidad aumentada, simulación de procesos, BMP software e inteligencia artificial son de escasa implementación no superando el 7,0% de los casos.

Tabla 7: *Implementación de Virtualización de las empresas.*

<b>Variables</b>	<b>% de implementación</b>
<b>CAD Diseño asistido por computadora</b>	38,60%
<b>Simulación de piezas</b>	13,60%
<b>Realidad aumentada</b>	6,80%
<b>Simulación de sistemas de producción o distribución</b>	2,30%
<b>BPM Software</b>	4,50%
<b>Sistema de control avanzado</b>	2,30%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

La implementación de sistemas de gestión remotos para empresas es de bajo grado de implementación no superando el 7,0% de los casos en ninguna variable incluso en los relacionados al acceso y modificación de los mismos a través de telefonía celular.

Tabla 8: *Implementación de Descentralización de las empresas.*

<b>Variables</b>	<b>% de implementación</b>
<b>Herramientas de análisis de datos en la nube.</b>	6,80%
<b>Programas en la nube como reemplazo del sistema local</b>	6,80%
<b>Acceso a datos a través de telefonía celular</b>	6,80%
<b>Modificación de datos a través de telefonía celular.</b>	4,50%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

El IOT uno de los baluartes de esta revolución industrial cuando observamos en el nivel de implementación de las variables relacionadas es modesto. Esto puede explicarse en gran medida por el tipo de productos que fabrican las firmas estudiadas todos los productos no tienen la posibilidad de implementar IOT y en caso de que lo implementen que el cliente esté dispuesto a pagar el costo diferencial del mismo.

Tabla 9: *Implementación de Internet de las cosas (IOT) de las empresas.*

<b>Variables</b>	<b>% de implementación</b>
<b>Producto almacena datos de uso</b>	6,80%
<b>Producto comunica datos de uso</b>	4,50%

<b>Producto almacena datos de estado y ubicación.</b>	4,50%
<b>Producto comunica datos de estado y ubicación.</b>	2,30%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

El uso de robótica por parte de las empresas si bien es escaso se implementa en más del 11% de las mismas en el caso del robot de manipulación, este porcentaje disminuye cuando pasamos a robot de servicio que es cercano al 7% y finalmente la producción aditiva está presente en solo el 4,5% de las firmas.

Tabla 10: *Implementación de robótica de las empresas.*

<b>Variables</b>	<b>% de implementación</b>
<b>ROBOT de manipulación</b>	11,40%
<b>ROBOT de servicio</b>	6,80%
<b>Producción aditiva</b>	4,50%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

Observando las dimensiones analizadas anteriormente mediante el promedio de sus variables se revela la implementación tanto de sistemas cyber físicos como sistemas de análisis en tiempo por sobre las demás. Exhibe la baja de implementación de modelos de descentralización como de sistemas IOT.

Tabla 11: *Resumen de implementación de las diferentes dimensiones de industria 4.0.*

<b>Dimensiones</b>	<b>% de implementación</b>
<b>Sistemas Cyber Físicos</b>	26,30%
<b>Análisis tiempo real</b>	20,48%
<b>Virtualización</b>	11,35%
<b>Descentralización</b>	6,23%
<b>Internet de las cosas (IOT)</b>	4,53%
<b>Robótica</b>	7,57%

Fuente: elaboración propia en base al relevamiento en las firmas del parque industrial.

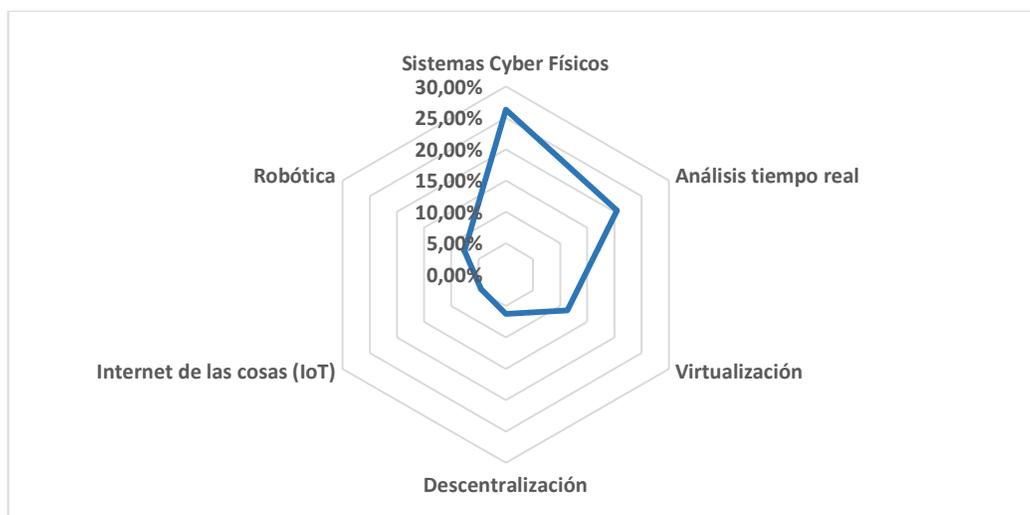


Figura 1 Nivel de implementación de las dimensiones analizadas.

Análisis de clúster, se realizó a fin de posicionar a las firmas de acuerdo a su nivel de implementación de tecnologías 4.0 en diferentes conglomerados o clúster se realizó como primer paso un análisis factorial a fin de reducir las variables de las dimensiones (Sistemas Cyber Físicos, Análisis tiempo real, Virtualización, Descentralización, Internet de las cosas (IOT) y Robótica) a nuevas dimensiones explicadas como combinación lineal de las mismas. A partir de las mismas se obtuvieron tres componentes:

Tabla 12: Matriz de componentes análisis factorial.

Componente	1	2	3
<b>Sistemas cyber físicos</b>	0,671	-0,313	-0,183
<b>Robótica</b>	0,767	-0,301	-0,157
<b>Análisis Tiempo Real</b>	0,761	0,195	0,268
<b>Virtualización</b>	0,660	0,267	-0,499
<b>Descentralización</b>	0,468	0,133	0,806
<b>Internet de las cosas</b>	0,060	0,908	-0,144

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

Con los tres componentes resultantes del algoritmo se logró explicar el 74,42% de la varianza de los casos. El valor de cada componente para cada caso fue almacenado en la base de datos para su posterior uso.

Tabla 13: Varianza explicada por los componentes del análisis factorial.

Componente	Sumas de cargas al cuadrado de la extracción	% de varianza	% acumulado
<b>1</b>	2,276	37,942	37,942
<b>2</b>	1,140	18,999	56,941
<b>3</b>	1,049	17,487	74,428

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

Se utilizó una técnica de clúster no paramétrica llamada K-mean a fin de dividir la muestra de acuerdo a los componentes que se alcanzaron con el análisis factorial, se asignaron 3 conglomerados y los resultados fueron los siguientes.

Tabla 14: Centros finales de los clústeres de acuerdo a los componentes del análisis factorial.

Clúster	1	2	3
<b>Componente 1</b>	-0,14737	-0,09464	1,12840
<b>Componente 2</b>	-0,24755	3,58039	0,39969
<b>Componente 3</b>	-0,24810	-1,15210	2,29679

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

La cantidad de casos por clústeres es 37 para el clúster 1, 2 para el clúster 2 y 5 para el clúster 3. Tomando en cuenta el tamaño de muestra los clústeres están fuertemente desbalanceado a hacia el numero 1 con el 84,09%.

Tabla 15: Tamaño de los clústeres de acuerdo al tamaño de muestral.

Cluster	1	2	3	Total
<b>Casos</b>	37	2	5	44
<b>%</b>	84,09%	4,55%	11,36%	100,00%

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

Tomando en cuenta las dimensiones de 4.0 y su comportamiento en cada clúster, claramente el clúster 3 es el de empresas de mejor rendimiento o implementación de tecnologías 4.0, el clúster 1 si bien tiene una buena implementación de dos dimensiones bases como son Sistemas cyber físicos y análisis en tiempo real tiene bajo rendimiento o carece de las otras. El clúster 2 por su parte tiene fuerza en cuanto a virtualización e internet de las cosas.

Tabla 16: Nivel de implementación de las dimensiones 4.0 de acuerdo al clúster.

Clúster	1	2	3
<b>Sistemas cyber físicos</b>	0,26	0,14	0,31
<b>Análisis Tiempo Real</b>	0,16	0,13	0,55
<b>Virtualización</b>	0,11	0,25	0,10
<b>Descentralización</b>	0,00	0,00	0,55
<b>Internet de las cosas</b>	0,01	0,75	0,05
<b>Robótica</b>	0,07	0,00	0,13

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

El clúster 1 es el de mayor promedio de empleados 68 una antigüedad promedio de 28 años poseen empresas que tienen IED y exportan alrededor del 46% de los casos. El clúster 2 es el de menor tamaño con empresas de 47 empleados promedio de mayor antigüedad 38 años no tienen IED y el 50,0% exporta. Finalmente, el clúster 3 tiene un tamaño promedio intermedio con 53 empleados una antigüedad de 28 años es el de mayor IED y el de menor exportación.

Tabla 17: Nivel de las variables contextuales de acuerdo al clúster.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Cantidad de empleados</b>	68	47	53
<b>Antigüedad</b>	1992	1982	1992
<b>IED</b>	13,51%	0,00%	20,00%
<b>Exportación</b>	45,95%	50,00%	40,00%

Fuente: elaboración propia en base a las variables analizadas del estudio.

A continuación, se detallan las conclusiones del estudio.

#### 4. CONCLUSIONES

La muestra está compuesta por empresas de tamaño de mediana a pequeñas, con una antigüedad promedio cercana a los 30 años, con baja presencia de inversión extranjera directa y con cerca de un 46,0% de firmas exportadoras.

De la observación de las empresas las dimensiones de 4.0 el mayor grado de implementación en la muestra fueron los sistemas cyber físicos y la de análisis en tiempo real. Por el contrario, las de menor grado de implementación fueron la descentralización e IOT. En el caso de IOT se debe en gran medida al tipo de producto que son maduros en cuanto a su ciclo de vida y de baja intensidad a nivel tecnológico. La implementación, por parte de las industrias de estas tecnologías es heterogénea. Hay firmas que implementan gran cantidad de los ítems analizados, como las que no tienen este nivel tecnológico en ninguna de las variables del estudio.

Se determinó en las entrevistas la presencia de equipos de diferentes antigüedades y de difícil complementación, máquinas parcialmente automatizadas y en la misma línea máquinas autónomas con capacidades de coordinación mediante redes y de reporte a diferentes softwares de gestión de proceso y negocios. Debe tenerse en cuenta que las dimensiones sistemas cyber físicos y análisis en tiempo real son base para la expansión de la implementación de 4.0 en una empresa, por lo tanto, sería deseable un aumento de su implementación en post de adaptarse a esta revolución.

El análisis de clúster reafirma lo anterior mostrando que el clúster 1 más numeroso es claramente volcado a la dimensión sistema cyber físicos y análisis en tiempo real, pero por otra parte el clúster 2 podríamos llamarlo evolucionado o progresista porque abarca con fuerza nuevas tecnologías como IOT y Virtualización por lo cual podemos reafirmar la heterogeneidad de las empresas en cuanto implementación de empresas. Del análisis de las variables de contexto en relación a los clústeres no hay diferencias destacadas.

Si relacionamos las variables del análisis con los modelos de madurez podríamos decir que en una escala de 5 (0 menor – 5 máximo) estaríamos en un estadio de 2 en sistemas ciber físicos y análisis en tiempo real, 1 Virtualización y 0 en IOT, descentralización y Robótica. Donde 0 no es la ausencia sino una presencia baja con necesidad de expansión de esas tecnologías.

Desde la perspectiva de iniciativas de instrumentos de políticas industriales para la región surge en primer lugar, la necesidad de instalar las temáticas relacionadas con industrias 4.0 e implementar procedimientos extendidos de identificación de necesidades de cambio tecnológico en las industrias de la provincia y segundo, plantear que aplicar modelos de industria 4.0 es más que la incorporación de tecnologías específicas, que requiere de nuevos modelos de negocios, de capacidades de gestión tecnológica y capital humano capaz de impulsarlos.

Lo anterior es a fin de poner nuestro ecosistema industrial en un punto más acorde a los nuevos estándares mundiales de producción y administración, y evitar de esta forma quedar en una posición de debilidad en los nuevos escenarios industriales que se están formando y es probable que sean el nuevo estándar por un tiempo.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Blanc, R.; Pietroboni, R. M.; Hegglin, D. (2019). Industria 4.0 y su aplicación a escala regional. Caso parque industrial de Concepción del Uruguay, Entre Ríos. XII Congreso Argentino Internacional de Ingeniería Industrial (COINI)
- [2] Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- [3] Mariani, M., & Borghi, M. (2019). Industry 4.0: A bibliometric review of its managerial intellectual structure and potential evolution in the service industries. *Technological Forecasting and Social Change*, 149, 119752.
- [4] Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40-45.
- [5] AA. VV. (2019). *Economía del Conocimiento ARGENTINA AL FUTURO*. Publicación de difusión del Ministerio de Producción y Trabajo; Trabajo y Empleo, República Argentina.
- [6] Hermann, M.; Pentek T. & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, HI, pp. 3928-3937.
- [7] Erwin Rauch, Thomas Stecher, Marco Unterhofer, Patrick Dallasega and Dominik T. Matt (2019) Suitability of Industry 4.0 Concepts for Small and Medium Sized Enterprises: Comparison between an Expert Survey and a User Survey. Conference: 9th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management
- [8] Sameer Mittal, Muztoba Ahmad Khan, David Romero and Thorsten Wuest (2018) A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*. Volume 49, October, Pages 194-214.
- [9] Bertolini, M., Esposito, G., Neroni, M., & Romagnoli, G. (2019). Maturity Models in Industrial Internet: A Review. *Procedia Manufacturing*, 39, 1854-1863.
- [10] Jacquez-Hernández, M. V., & Torre, V. G. L. (2019). Modelos de evaluación de la madurez y preparación hacia la Industria 4.0: Una revisión de literatura. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, VI( 20), 61-78.
- [11] Kim, J. O., and C. W. Mueller. (1978). Introduction to factor analysis. What it is and how to do it. In Sage University Paper Series on Quantitative Applications the Social Sciences, vol. 07–013. Thousand Oaks, CA: Sage.
- [12] Gorsuch, R. L. (1983). *Factor Analysis*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [13] Mulaik, S. A. (2010). *Foundations of Factor Analysis*. 2nd ed. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC
- [14] Hartigan, J. A.; Wong, M. A. (1979). "Algorithm AS 136: A k-Means Clustering Algorithm". *Journal of the Royal Statistical Society, Series C*. 28 (1): 100–108.
- [15] Ding, C.; He, X. (2004). "K-means Clustering via Principal Component Analysis". *Proceedings of International Conference on Machine Learning (ICML 2004)*: 225–232.