

**UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA**

Proyecto Final

Carrera de Ingeniería Química

Producción de Bloques de Hormigón Celular Curado en Autoclave

Nicolas Javier Vexelman
María de los Milagros Grebe
Iván Augusto Nuñez Porcel

Docentes

Ing. Norberto Rubén Sirtori
Ing. Fabián Carlos García
Ing. Daniel Atilio Sequeira

Resistencia, diciembre de 2023

Agradecimientos

Nicolas

A mi mamá y papá: Cristina y Gustavo, porque sin ellos nada de esto hubiera sido posible, y a mis hermanas Natalia y Ana Paula, por su apoyo incondicional. A mis abuelas Sofía y Mausí.

A mis compañeros desde el día 1: Ceci, Facu, Sofi, Vicky, Julia, Debra, Flor, Agustín, Jonás, Gloria, Enzo, Pancho y Leisa y a mis compañeros que hice en el camino: María Paz, Delfi, Vale, Ale, Juan, María, Ceci SC, Leandro, Luli, Julián y Analía.

A mis mentores en la facultad: Nicolai y Gaby. A los profesores y profesoras de la facultad. A los integrantes del grupo QuiTEx. A Facu H. por su ayuda y predisposición.

A mis amigos: Marga, Debo, Ferdi, Juanjo, Clara, Cami, Napu, Seba, Meri, Gastón, Tama, Euge, Danilo, Lucas, Juanma y Pato.

A mis hermanos alemanes: Martín, Pablo, Juani y Valentín.

A los amigos de AChETIQ y AArEIQ.

Milagros

Quisiera agradecer a mi familia, mi mamá, mis hermanas y Agustín, que me acompañaron día a día, apoyándome y levantándome en cada momento difícil.

A Nicolas e Iván, que supieron llevar adelante este trabajo, a pesar de las obligaciones y los contratiempos.

A mis amigas, que estuvieron siempre en todos los momentos importantes, en los difíciles para apoyar y en los buenos para festejar a mi lado.

Por último, agradecer la Universidad Tecnológica Nacional y a todos los profesores, que supieron transmitirnos todo lo necesario para salir al mundo laboral.

Iván

Quiero agradecer a mis compañeros de Proyecto Final: Nicolás y Milagros, por permitirme formar parte de su equipo y por hacer posible este proyecto.

A mis padres Carla y Gustavo, y a mi hermano Francisco por ser mis pilares y mi sostén a lo largo de toda mi carrera universitaria, por brindarme su apoyo incondicional para con todos los proyectos que encaro en mi vida y por enseñarme a ser una mejor persona todos los días.

A mi abuelo, que ya no está físicamente conmigo pero que llevo siempre en el corazón, por contagiarme el interés por la matemática y la ingeniería.

A todos/as los/as amigos/as que hice durante la cursada de la carrera, sin cuya compañía no habría sido posible sobrellevar cada día y noche de estudio, ni cada uno de los parciales, recuperatorios y exámenes finales que rendí. A quienes nunca tuvieron problemas en prestarme sus apuntes o explicarme alguna que otra cosa que no entendía.

A todos aquellos profesores y profesoras que brindan lo mejor de sí para enseñar en sus respectivas cátedras y tratan de hacer de la cursada una experiencia más amena y enriquecedora para nosotros, sus alumnos. Y sobre todo gracias a la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional por brindarme un lugar dentro de su casa y permitirme acceder a una educación pública, inclusiva y de calidad, como no se encuentra en cualquier lugar del mundo.

Resumen

El proyecto evalúa la factibilidad de establecer una planta de Bloques de Hormigón Celular Curado en Autoclave (HCCA) en Argentina. Con él, se busca elevar la tecnología de mampostería e ingresar a un mercado con demanda potencial insatisfecha y pocos competidores, cuyos consumidores se componen principalmente de empresas de construcción y corralones de materiales. La producción, que comenzará al 80% de la capacidad instalada, se incrementará gradualmente hasta alcanzar el 100% en el décimo año. El proceso se desarrolla íntegramente en la planta diseñada e incluye las siguientes etapas: recepción de materias primas, molienda, mezclado, precurado, curado en autoclave y empaque. La planta estará ubicada en el Parque Industrial Campana en Buenos Aires. Las inversiones totales son \$ 10.001.248.109 ARS, con indicadores económicos positivos y un tiempo de retorno de 3 años y 6 meses. El financiamiento se compone principalmente de capital propio (70%), con el resto siendo financiado a través de préstamos bancarios.

Palabras clave

Hormigón Celular Curado en Autoclave (HCCA), bloques hormigón, mampostería, proceso de producción.

Consideraciones sobre el proyecto

El presente proyecto es un estudio de prefactibilidad de un emprendimiento industrial que se realiza con objetivos didácticos a los efectos de integrar los conocimientos adquiridos por los alumnos en el trayecto de la carrera y de ejercitar a los alumnos en la aplicación de un esquema de trabajo estructurado.

Respecto de un estudio de prefactibilidad real se marcan las siguientes diferencias principales:

- Dado que los alumnos deben aplicar conocimientos adquiridos en las asignaturas de Procesos y Operaciones se les solicita un tratamiento más profundo en el aspecto de la ingeniería de producción.
- Los temas que no son de la incumbencia de la profesión se tratan con menor profundidad, tal el caso de los Estudios de Mercado y de Comercialización.
- Se hace énfasis en los criterios con que los alumnos aplican los conocimientos adquiridos, a la vez de desarrollar algunos conocimientos nuevos. En los proyectos puede haber errores o faltantes ya que no se pretende una evaluación real.
- Los valores de precios de insumos y productos son estimados y pueden ser diferentes de los reales.
- Los valores de las inversiones (precios de equipos, instalaciones y otros) son estimados, en algunos casos los márgenes de error pueden ser altos.
- Los tiempos de ejecución del proyecto son estimados y en algunos casos con posibles altos márgenes de error.

Por lo tanto, los resultados económicos no pueden tomarse como definitivos.

Contenido

Agradecimientos	2
Resumen.....	3
Palabras clave	3
Consideraciones sobre el proyecto	4
Contenido	5
1. Síntesis	6
2. Estudio de mercado y determinación del tamaño	9
3. Localización.....	29
4. Ingeniería.....	36
5. Organización de la empresa.....	111
6. Costos operativos	116
7. Inversiones	139
8. Financiamiento	153
9. Resultados	155
10. Conclusión.....	161
11. Bibliografía.....	163
12. Anexos - Planos.....	168

1. Síntesis

1.1. Breve reseña del proyecto

En el presente proyecto se aborda el análisis de factibilidad para la instalación y puesta en marcha de una planta productora de Bloques de Hormigón Celular Curado en Autoclave (HCCA).

A partir de este proyecto se pretende producir un bien que sea capaz de elevar el grado tecnológico de las piezas de mampostería disponibles actualmente, ingresar y afianzarse en un mercado que cuenta con una demanda incipiente y pocos competidores a nivel nacional y demostrar que un proyecto de estas características es capaz de agregar valor, al mismo tiempo que genera ganancias para sus inversores.

1.2. Mercado, producción y ventas

1.2.1. Orientación básica del mercado a servir

El mercado a servir está enmarcado en el territorio de la República Argentina. El producto es un bien de demanda intermedia cuyos principales consumidores son las empresas contratistas de construcción, los corralones de materiales de construcción y los entes públicos y privados.

1.2.2. Volúmenes de producción previstos y programa de producción

La empresa iniciará con una producción prevista del 80% de su capacidad instalada, alrededor de 72.000 m³ repartidos entre bloques y tabiques para el primer año de operaciones, e irá incrementando su nivel de producción de forma paulatina, llegando a producir hasta 90.000 m³ de HCCA en su décimo año de operación, lo que representa el 100% de su capacidad.

1.2.3. Fuentes de suministro actuales de los productos

Actualmente en la Argentina el mercado del producto está principalmente ocupado por las empresas Retak, Brimax, Airblock y Lika, con plantas productoras ubicadas en las provincias de Chaco, Santa Fé y Entre Ríos. Los productos de dichas empresas son distribuidos en todo el país.

1.3. Factibilidad técnica y recursos

1.3.1. Breve descripción del proceso y grado de actualidad del mismo

El proceso de fabricación comienza con la recepción y almacenamiento de materias primas, incluyendo arena, cemento, cal, yeso y pasta de aluminio. Cada material se somete a estrictas especificaciones de calidad, y solo los lotes que cumplen con estos estándares son aceptados.

El siguiente paso es la molienda de arena y formación de la lechada, que implica la reducción del tamaño de las partículas de arena y su mezcla fina con agua en un molino de bolas. Luego se realiza el trasvase a un tanque de suspensión agitado para crear la mezcla base de lo que será el hormigón.

En la etapa de mezclado, se combinan todos los componentes, dosificando los sólidos desde los silos, la lechada desde los tanques de suspensión y la pasta de aluminio desde los bidones hacia el tanque de mezcla principal. Posteriormente, la mezcla se vierte en moldes y se inicia el precurado para permitir las reacciones químicas que elevan las tortas, generan las estructuras celulares y forman estructuras cristalinas que empiezan a endurecer el material. Las tortas continúan hacia la línea de corte donde se realizan las incisiones en las tortas según las especificaciones de tamaño de los bloques.

El curado en autoclave es una etapa crítica donde las tortas se someten a inyección de vapor saturado de alta temperatura (190 °C) y presión (12 bar) durante 12 horas. Esto cataliza las reacciones, precipitando los cristales de tobermorita en el hormigón, mejorando la resistencia y dureza de los bloques.

La etapa final incluye la separación de ladrillos y el embalaje. Los bloques se separan mecánicamente, se colocan en paletas de madera, y se embalan para su distribución. El producto

terminado se almacena en estibas en el parque de salida, y el control del peso se realiza a través de una balanza a la entrada y salida del establecimiento.

1.3.2. Disponibilidad de mano de obra, materias primas, insumos y transportes

La planta se encuentra ubicada próxima a los centros de extracción de arena en el delta del Río Paraná, que es el insumo que se utiliza en mayor volumen. También está ubicada en cercanía a los centros de producción de cemento. La cal y el yeso provienen de la región de Cuyo y se tiene acceso al parque por autopista y ferrocarril. En cuanto a los demás insumos se provee de las cercanías de la planta o de los polos industriales ubicados en su mayoría en la provincia de Buenos Aires.

Para la fábrica se requerirán operarios con nivel de educación básico y también mano de obra calificada compuesta por técnicos. Los cargos administrativos y de supervisión los ocuparán ingenieros y administradores de empresas o afines.

1.3.3. Localización prevista

Se define que la planta estará instalada dentro del Parque Industrial Campana, ubicado en la localidad del mismo nombre de la Provincia de Buenos Aires. La elección de localización se realizó a partir de un análisis estructurado en el que la misma demostró ser la que poseía mayor cercanía a los consumidores, a las fuentes de materia prima y a la mano de obra calificada, entre otros factores.

1.4. Monto de inversiones y resultados esperados

1.4.1. Inversiones totales del proyecto

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Años 3-10	Total Período de Análisis
Total Activo fijo (\$ ARS)	8.428.091.621	46.524.643			8.474.616.263
Inc. en Activos de Trabajo (\$ ARS)	100.671.133	1.161.200.327	30.687.011	26.021.511	1.526.631.846
TOTAL INVERSIONES (\$ ARS)	8.528.762.753	1.207.724.969	30.687.011	26.021.511	10.001.248.109

Tabla 1. Inversiones totales del proyecto para el período de análisis. Fuente: Elaboración propia.

1.4.2. Rentabilidad del proyecto

ANÁLISIS ECONÓMICO	
VAN Proyecto	22.356.642.835
VAN Propio	21.158.834.981
TIR	28%
TOR	33%
Efecto palanca	1,16

Tabla 2. Indicadores de rentabilidad del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores económicos como el VAN del proyecto y el VAN sobre capital propio son positivos, por lo que el proyecto resulta rentable en las condiciones en que está planteado. Se cuenta con un tiempo de retorno de la inversión del proyecto de 3 años y 6 meses.

Todos los resultados obtenidos del análisis económico reflejan que el proyecto es rentable para el período de análisis y posterior, según fueron planteadas las condiciones.

1.4.3. Financiamiento previsto

El financiamiento del proyecto se realiza con capital propio y con la toma de deuda de la línea de Crédito "Carlos Pellegrini" del Banco Nación. El porcentaje de financiamiento previsto con capital propio es del 70% de la inversión inicial en activo fijo y de trabajo y el 100% de los cargos diferidos.

Crédito tomado para compra de AF y AT con capital externo	
Monto (\$ ARS)	2.076.381.978
Plazo (años)	10
Tasa de interés	15%

Tabla 3. Cuadro resumen del financiamiento externo. Fuente: Elaboración propia.

2. Estudio de mercado y determinación del tamaño

En este capítulo se estudia la factibilidad de instalar una empresa productora de bloques de mampostería de hormigón celular curado en autoclave (HCCA, o AAC por sus siglas en inglés) identificando los parámetros del mercado de insumos y del producto.

Al concluir, se tendrá una perspectiva clara de las condiciones actuales de comercialización de los bloques de hormigón, demostrando la viabilidad del proyecto desde el punto de vista de su demanda potencial.

2.1. Bienes a producir

2.1.1. Descripción de los productos

El HCCA es un material de construcción (Figura 1), utilizado para la obra gruesa, cuyos componentes son: arena, cal (óxido de calcio), cemento, yeso (sulfato de calcio), agua y pasta o polvo de aluminio. Fue inventado por el arquitecto sueco Axel Eriksson (1888-1961).



Figura 1. Sistema constructivo con bloques de HCCA machihembrados. Foto: Xella Gruppe.

Los bloques de HCCA se destinan a la construcción de muros sin carga de cerramiento y tabiques. También pueden usarse para la elaboración de elementos estructurales como dinteles y encofrados. Se los utiliza para la construcción de obras civiles de viviendas, edificios residenciales, edificios comerciales y edificios públicos.

Las bondades del material se deben a su alta porosidad (ver Figura 2), lograda por medio de un aditivo espumante basado en aluminio. Su resistencia a los esfuerzos es comparable o incluso superadora al resto de materiales tradicionales de construcción, según informan algunos productores (Valli, Bruno (BRIMAX), 2018). Es un material atractivo para la construcción de viviendas y edificios debido a que permite una buena aislación acústica. Es ignífugo y liviano, en comparación a ladrillos cerámicos macizos o bloques de hormigón tradicionales.



Figura 2. Detalle de la estructura porosa del HCCA. Foto: Marco Bernardini, CC BY-SA 3.0, vía Wikimedia Commons.

El producto se comercializa en las siguientes presentaciones:

- Bloques macizos de dimensiones 60 x 25 x 15 cm.
- Tabiques de dimensiones 60 x 25 x 7,5 cm.

2.1.1.1. Nivel de calidad

El producto estará certificado por las normas IRAM 1701-1 y 1701-2, Hormigón Celular Curado en Autoclave (HCCA). También, se deberá tramitar el Certificado de Aptitud Técnica (CAT) ante la Dirección Nacional de Acceso al Suelo y Formalizaciones de la Secretaría de Vivienda de la Nación para su uso en viviendas de interés social (Dirección Nacional de Acceso al Suelo y Formalizaciones, 2019). El CAT requiere certificación emitida por el INTI de los siguientes ensayos:

- Resistencia al fuego de los elementos de construcción, “Criterios de clasificación” según IRAM 11949.
- Resistencia al fuego de los elementos de construcción, “Método de ensayo” según IRAM 11950.
- Resistencia al fuego de los elementos de construcción, “Procedimientos alternativos y adicionales” según IRAM 11955.
- Reacción al fuego, “Clasificación de acuerdo con la combustibilidad y con el índice de propagación superficial de llama” según IRAM 11910-1.
- Compresión excéntrica según IRAM 11585.
- Compresión según IRAM 11588.
- Choque blando según IRAM 11596.
- Choque duro según IRAM 11595.
- Choque blando en juntas según IRAM 11596.
- Carga excéntrica según IRAM 11585
- Estanqueidad de juntas al agua y al aire según IRAM 11591 y 11523.

En todos los casos, el material debe cubrir los estándares mínimos de las normas individuales.

2.1.1.2. Normas que debe cumplir

El producto se ajusta al Código de Edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

2.1.1.3. Envases primarios y secundarios

La presentación comercial para todos los casos es en pallet normalizado de 1200x1000 mm de base. Los bloques son recubiertos con film plástico para mantenerlos en su lugar y como protección.



Figura 3. Bloques de HCCA envueltos en film plástico sobre paleta normalizada siendo acarreados por un autoelevador. Fuente: WKB Systems GmbH.

2.1.2. Subproductos

El proceso tiene como subproducto al scrap, material sobrante de las operaciones de corte de la torta de HCCA y que puede ser reciclado reintroduciéndolo al proceso, como se verá más adelante. En ocasiones puede ser vendido a otras empresas hormigoneras, sin embargo, no se considerará su comercialización para este análisis.

2.1.3. Mercado consumidor

El bien es de demanda intermedia. Los clientes son las empresas contratistas de construcción, los corralones de materiales de construcción y los entes públicos y privados. Los consumidores comprenden en gran medida a las mismas empresas y a los propietarios que buscan comprar de manera autónoma materiales de construcción.

2.1.4. Bienes complementarios

En el mundo de la construcción existen infinidad de técnicas, materiales e insumos que pueden utilizarse en conjunto o separado, dependiendo de las características particulares de la obra, su diseño, la disponibilidad y economía de los materiales, etcétera. Aquí solo se nombrará a los más importantes. Esta aclaración es igualmente válida para el resto de los desgloses.

2.1.4.1. Morteros cementicios

Los morteros son preparaciones compuestas por cemento, cal, inertes como arena y agua, y pueden contener aditivos como hidrófugos, ignífugos, etcétera. Se utilizan como adhesivo o conglomerado de asiento y unión para los bloques de HCCA. La comercialización se realiza en bolsas de papel Kraft de 30 kg, listas para su preparación con el agregado de agua. La relación de consumo es de aproximadamente 2,5-3 kg/m² de pared terminada, dependiendo de la marca del mortero y las imperfecciones de la pared (Sika Argentina S.A.I.C., 2023). El precio por bolsa se sitúa entre los ARS \$900-\$1200.

El cemento es un material de construcción compuesto por calcio, sílice, aluminio y yeso, que mezclado con agua fragua y se endurece (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA). Como bien complementario se lo utiliza como componente de morteros para revoque fino y grueso de paredes. Es además uno de los insumos del HCCA. Debido a su amplia implementación en la obra, la relación

de consumo está dada por su finalidad y puede variar ampliamente. Un análisis más detallado del cemento como insumo se verá en la sección 0.

2.1.4.2. Acero y hierro redondo

El acero es una aleación de hierro que contiene carbono, entre 0,03% y 1,075% en peso (Cámara Argentina del Acero, s.f.). Aunque es frecuente el uso indistinto de los términos acero y hierro de forma coloquial, en general se utiliza exclusivamente algún tipo de acero como componente estructural.

El acero se utiliza junto al hormigón en refuerzos verticales, horizontales y, en menor medida, para mampostería. La presentación del material es en forma de barras, perfiles y planchuelas, siendo las dos primeras las más comunes. Su relación de consumo con respecto al producto HCCA está estrictamente ligada a la estructura calculada por el proyectista de la obra. Grosso modo, se requieren 80 kg de acero por m³ de hormigón armado en una obra promedio. Para refuerzos horizontales se surcan los bloques de HCCA con serrucho o amoladora y se colocan dos barras de \varnothing 6 mm con mortero. Para refuerzos verticales, columnas, dinteles y otros refuerzos horizontales importantes se coloca armadura y estribos de barras de \varnothing 6 mm u \varnothing 8 mm en bloques tipo U, según requerimientos (BRIMAX, 2021).

Al igual que los bienes anteriores, se comercializa en corralones de materiales. También es frecuente la compra directa a fábrica para obras de gran envergadura. El precio por kg varía entre ARS \$188,30 y \$209,20 (Diario Clarín, 2022). En la Argentina, las empresas productoras más importantes son Acindar del Grupo Arcelor Mittal, Tenaris y Ternium del Grupo Techint, Acerbrag del Grupo Votorantim, Sipar del Grupo Gerdau y Aceros Zapala, que contabilizan ventas al mercado nacional y exportaciones anuales por más de USD \$4500 millones y USD \$1500 millones, respectivamente. La empresa Ternium contribuye con casi la mitad de esas cifras. En el mercado latinoamericano se observa una tendencia creciente de las importaciones provenientes de China (31% del total) que compiten con la producción de manufactura nacional (Isoldi, 2019).

2.1.4.3. Enlucidos de yeso y otros revestimientos

El enlucido es un revestimiento a base de yeso que se utiliza para reforzar y sellar superficies, protegerlas contra la humedad y el fuego, y como acabado decorativo. El yeso se adhiere a superficies limpias, secas y libres de contaminación. Se lo utiliza normalmente para interiores. Al realizar el enlucido sobre bloques de HCCA se puede aplicar un agente adhesivo de PVA (acetato de polivinilo) o humedecer el sustrato antes de la aplicación del yeso para controlar la succión (Lyons, 2006).

El uso de yeso como revestimiento ha ido decayendo en los últimos años en favor de otros recubrimientos con mejores prestaciones y de aplicación más limpia. Existe por ejemplo Revear, la marca comercial de un revestimiento plástico, hidrófugo y resistente, a base de resinas acrílicas, cargas minerales y pigmentos (PAREX, 2019). Este tipo de revestimientos tiene como ventaja que se aplican directamente sobre las superficies de imprimación, sin necesidad de revoque previo o capa de pintura posterior. El rendimiento es de 1 a 1,2 kg/m² de pared, según el tipo de superficie.

2.1.5. Bienes sustitutos

En la industria de la construcción, los bienes que compiten con los ladrillos de HCCA son los ladrillos cerámicos huecos y los bloques de hormigón premoldeados.

2.1.5.1. Ladrillos cerámicos huecos

Son ladrillos que surgen como una evolución del ladrillo de barro, presentando unas aberturas pasantes longitudinales en su interior con un volumen de espacio vacío de alrededor el 70% del volumen del ladrillo (Comelles & Olivera, 2019). Son más livianos que los ladrillos macizos tradicionales.

Según la cantidad de filas de huecos que tengan, los ladrillos se pueden distinguir entre: ladrillo hueco sencillo (LHS), con una fila de huecos en la testa (3-5 cm de grueso); ladrillo hueco doble (LHD), con dos filas de huecos (7-9 cm de grueso); ladrillo hueco triple (LHT) con tres filas de huecos (10-12 cm de grueso). Los más comunes son de 18 centímetros de alto por 33 de largo por 12 de profundidad (Colaboradores de Wikipedia, 2021). La relación de consumo es de 16,5 ladrillos huecos por m² de pared, teniendo en cuenta el espacio ocupado por el mortero.

En la Figura 4 se observa la producción de ladrillos huecos en la Argentina entre 2015 y 2020. Se observa un descenso de la misma entre 2015 y 2017, con un recupero en el año 2018 y nuevamente un descenso en el periodo posterior. Este comportamiento puede deberse posiblemente a un descenso en la actividad constructiva, una inclinación hacia otro tipo de materiales como el HCCA y los bloques de hormigón premoldeados y los efectos de la pandemia por COVID-19.

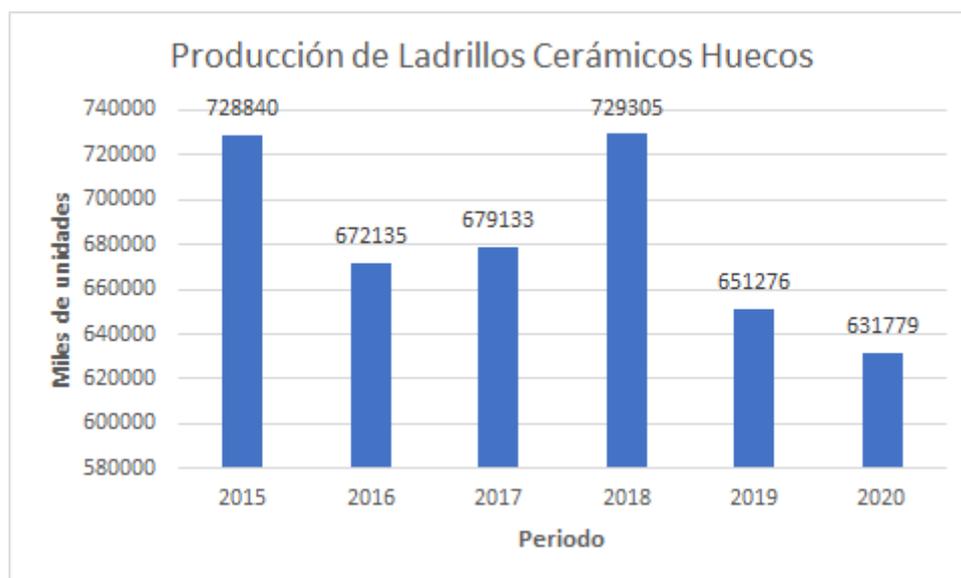


Figura 4. Producción de ladrillos cerámicos huecos en la República Argentina, período 2015-2020. Expresada en miles de unidades producidas por año. Fuente: Elaboración propia en base a datos del INDEC, 2015-2021.

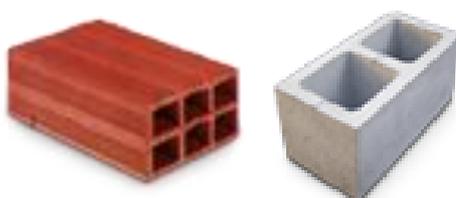


Figura 5. Izquierda: Ladrillo cerámico hueco. Derecha: Bloque de hormigón premoldeado. Fuente: Asociación Argentina del Bloque de Hormigón, http://www.sismatica.net/aabh_bootstrap/index.php.

2.1.5.2. Bloques de hormigón premoldeados

Los bloques de hormigón premoldeados se forman a partir de una mezcla de cemento, arena, agua y piedra en determinadas proporciones. Además, es habitual el uso de aditivos para modificar sus propiedades de resistencia. Dicha mezcla se carga en moldes que luego, utilizando un equipo de alta potencia, son sometidos a una acción de vibración y compresión hasta obtener los bloques (Asociación Argentina del Bloque de Hormigón, s.f.).

Según el nivel de calidad se clasifican en bloques de patio, fabricados de forma rudimentaria, y los bloques de alta calidad, fabricados con equipos industriales. Los últimos suelen estar certificados por la norma IRAM 11561. Los BH se dividen también en portantes (con función estructural) y no portantes (sin función estructural) según sea su resistencia a la compresión (Asociación Argentina del Bloque de Hormigón, s.f.).

El BH más común posee dos huecos verticales pasantes y sus medidas nominales son 20 x 20 x 40 cm. Los BH se entregan paletizados de igual forma que los bloques de HCCA. La relación de consumo es de 12,5 unidades por m² de pared.

2.2. Mercados previstos

2.2.1. Ámbito del análisis

El mercado previsto para el análisis es el territorio de la República Argentina, en el período 2012-2022, cuando sea posible.

2.2.2. Principales productores

Los principales fabricantes de HCCA en Argentina son Retak (Ardal S.A.), Airblock (Compañía de Hormigón Celular S.A.), Brimax S.A. y Lika Hormigón S.A.



Figura 6. Distribución de plantas en el territorio Nacional. Fuente: Recuperado de Google Maps, 2022.

Retak es el nombre comercial de HCCA de la firma Ardal S.A. La empresa cuenta con una planta productiva en Victoria, Entre Ríos y una segunda en construcción, en Cardales, Buenos Aires. La firma tiene en marcha un proyecto de ampliación de la planta Victoria, que actualmente cuenta con una capacidad de 110 mil m³ anuales. A esta se le sumarán a los 200 mil m³ por año de ladrillos de la planta Cardales, una vez concluida la misma (Pilar Productivo, 2016). Además, en el año 2021 se produjo la alianza de Retak con Airblock, cuya planta ubicada en Resistencia, Chaco produce actualmente 2.700 metros cúbicos por mes de bloques de hormigón celular, con expectativas a incrementar la producción a 5.000 metros cúbicos por mes. La planta tiene una capacidad instalada de 12.000 metros cúbicos.

Brimax está ubicada en la localidad de Fray Luis Beltrán, Provincia de Santa Fe. Nació del consorcio formado por el grupo Pecan y la holandesa Aircrete. Cuenta con una planta de 9.500 metros cuadrados de superficie cubierta cuya producción anual se estima en 120 mil metros cúbicos de HCCA.

Lika Hormigón S.A. produce bloques de HCCA en una planta ubicada en Villa Constitución, provincia de Santa Fe. No se conocen estadísticas de producción. Se estima que tienen una capacidad de 10.000 m³ anuales.

2.2.3. Volumen físico producido

A continuación, se presenta una estimación del volumen físico producido de HCCA en la Argentina durante el período 2012-2022. Con excepción de la firma Retak, se desconocen los volúmenes exactos del resto de las empresas. A efectos de elaborar un análisis se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Año de inicio de operaciones.

- Capacidad instalada reportada en distintas fuentes.
- Ineficiencia del 20%.
- Producción continua durante 11 meses.

Los resultados se exponen a continuación:

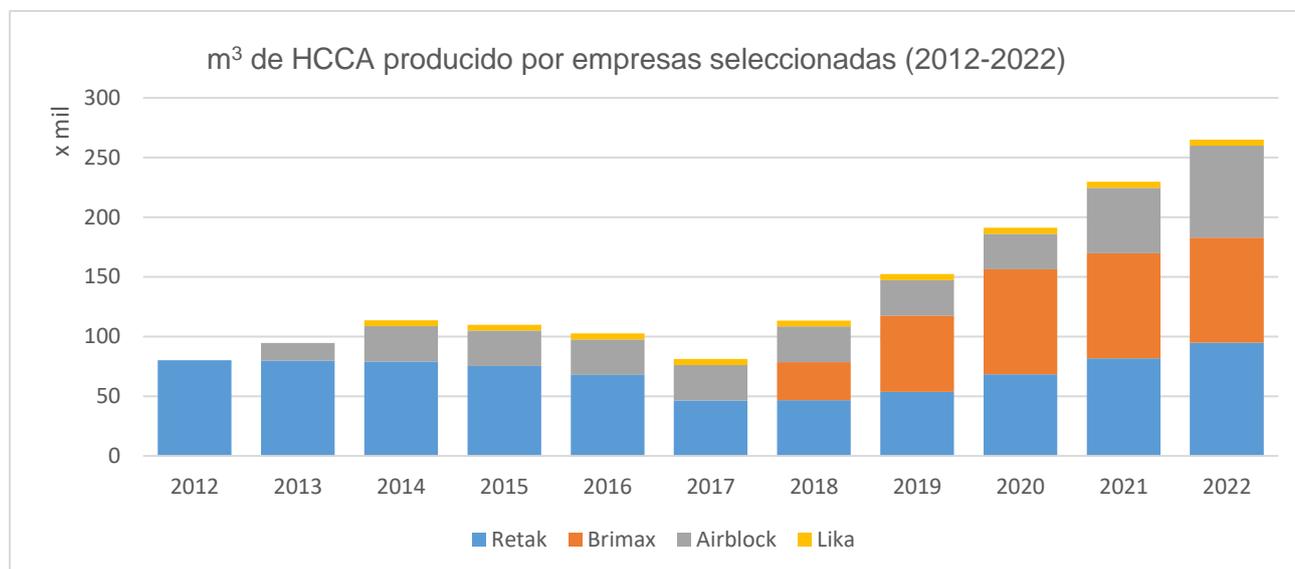


Figura 7. Volumen de HCCA en m³ producido por empresas seleccionadas en el periodo 2012 a 2022. Fuente: Elaboración propia.

Se puede ver que para el período 2012-2017 el sector estaba liderado exclusivamente por la empresa Retak. Para el año 2013 ingresa en el mercado la planta Airblock. En el 2014 salen las primeras tiradas de la empresa Lika, sin embargo, el aporte de la misma se mantiene insignificante durante todo el periodo considerado. En 2016 la planta de Retak estuvo parada por varios meses y lo producido fue menor a lo demandado. En 2017 se observa una fuerte caída de la producción y demanda que puede ser evaluada en el contexto macroeconómico del país. Sin embargo, se observa una recuperación a partir del 2018 hasta el 2022 inclusive, con el inicio de producción en la planta de Brimax y un incremento sostenido de la producción en el resto de las firmas.

2.2.4. Precios

Se obtuvieron los precios de las marcas líderes:

Ladrillos marca RETAK			
Tipo	Cantidad por pallet	Precio unitario	Total por pallet
7,5X25X50	160	\$137,90	\$22.064,00
15X25X50	80	\$285,84	\$22.867,20
U15	48	\$356,30	\$17.102,40
U25	32	\$816,18	\$26.117,76
O15	80	\$302,37	\$25.195,20

Tabla 4. Listado de precios de bloques de HCCA de la marca Retak a noviembre del 2022.

Ladrillos marca BRIMAX

Tipo	Cantidad por pallet	Precio unitario	Total por pallet
7,5X20X60	80	\$195,00	\$15.600,00
15X20X60	100	\$407,00	\$17.200,00

Tabla 5. Listado de precios de bloques de HCCA de la marca Brimax a noviembre del 2022.

2.2.5. Importaciones y exportaciones

A nivel mundial, el HCCA es producido por numerosas empresas, principalmente en Europa y Asia. Las empresas europeas con mayor participación en el mercado son la alemana Xella International GmbH, dueña de las marcas Ytong y Josef Hebel, Solbet de Polonia y H+H International A/S de Dinamarca. En Asia se encuentra el mayor mercado de hormigón celular del mundo, con varios cientos de plantas localizadas en China (Wikipedia-Autores, s.f.). En Sudamérica existen varias firmas en Brasil y Chile: Calucon, Celcon, entre otras.

La Argentina pasó de importar el 9% de lo consumido en bloques de hormigón terminados en el año 2012 a casi el 0% en 2022. El origen principal de los mismos era de Italia. Actualmente exporta alrededor del 10% de lo producido, principalmente al Uruguay. En términos globales, representa una cantidad poco significativa.

2.2.6. Consumo aparente

A continuación, se presenta una estimación del consumo aparente del país según datos de comercio internacional de bloques y ladrillos de hormigón provistos por el Sistema de Estadísticas de Comercio Exterior (MERCOSUR, s.f.). A efectos prácticos se considera que el 100% de los bloques exportados e importados consisten en bloques de HCCA.

Año	Total producido por año (m ³)	Total exportado (m ³)	Total importado (m ³)	Consumo aparente (m ³)
2012	80.200	617	7.479	87.062
2013	94.650	1.063	232	93.818
2014	113.700	1.083	0	112.617
2015	110.000	2.050	85	108.035
2016	102.600	2.035	2	100.567
2017	81.200	6.112	464	75.552
2018	113.400	6.312	2	107.090
2019	152.300	11.389	10	140.921
2020	191.200	14.307	123	177.016
2021	229.750	15.784	17	213.983
2022	265.000	26.864	386	238.522

Tabla 6. Consumo aparente de HCCA en la Argentina entre los años 2012 a 2022. Fuente: Elaboración propia en base a datos de volumen físico producido y del SECEM.

Se observa nuevamente un crecimiento sostenido de la demanda desde 2017 a la fecha.

2.2.7. Principales consumidores

Los principales consumidores de este producto son empresas de materiales de construcción o corralones, empresas constructoras y contratistas de la construcción.

En Argentina existen alrededor de 22.000 empresas de la construcción, entre constructoras, contratistas y subcontratistas, según informa el Instituto de Estadística y Registro de la Industria de la Construcción (IERIC).

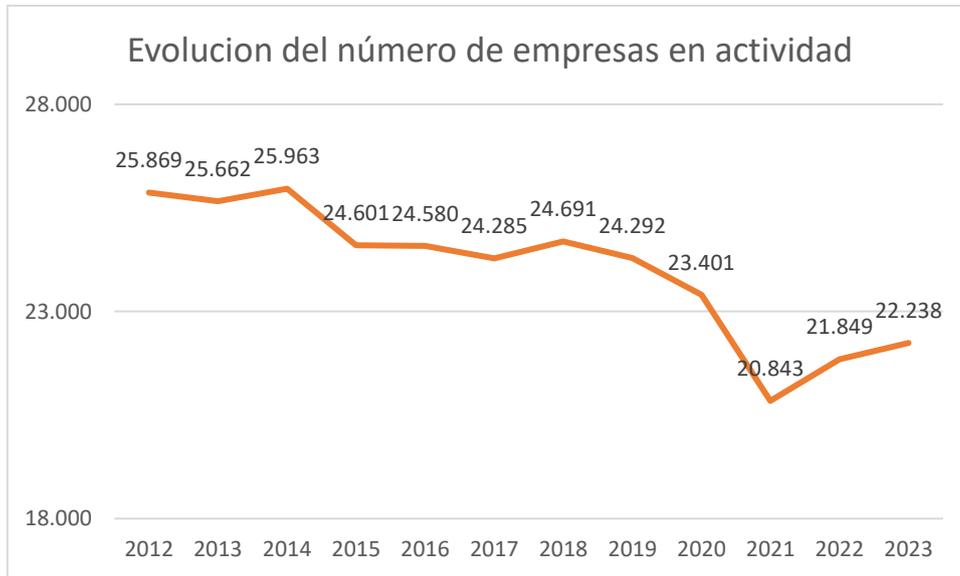


Figura 8. Evolución del número de empresas constructoras, contratistas y subcontratistas entre el 2012 y 2023 en la Argentina. Fuente: Elaboración propia en base a datos de empresas en actividad (Instituto de Estadística y Registro de la Industria de la Construcción, 2023).

Este número ha ido decayendo los últimos años. Se observa el pozo más profundo durante la pandemia, cuando se perdieron más de 2.000 pymes en todo el país debido al cese completo de actividades. La mayor cantidad, alrededor del 39% de ellas, se radica en el Área Metropolitana Buenos Aires. Un 34% se concentra en el resto de la provincia de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y la Pampa, mientras que el 27% restante se divide en el resto del país (Hecker, 2018).

2.2.8. Demanda insatisfecha

No es posible determinar la demanda insatisfecha de este bien.

2.2.9. Sistemas actuales de comercialización

La política de comercialización de HCCA consiste generalmente en la venta a través de contrato marco de abastecimiento. A su vez, estas actúan como intermediarios entre las empresas constructoras y las productoras cuando se trata de compras a gran escala. También, se realizan producciones a pedido de grandes clientes constructores o proyectos de infraestructura nacional.

2.2.10. Disposiciones oficiales que rigen la producción

Las regulaciones que aplican a los establecimientos productores de HCCA son múltiples y variadas y dependen en gran medida de la localización de la empresa. La siguiente es una lista no exhaustiva que comprende algunas disposiciones nacionales de aplicación general:

- Sobre la empresa y el tipo de sociedad: La Ley N° 19.550 de Sociedades Comerciales.

- Sobre las instalaciones y las condiciones de trabajo: El Código de Edificación aplicable a la jurisdicción donde se emplaza la planta y La Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- Sobre los trabajadores: La Ley N° 20.744 de Régimen de Contrato de Trabajo y los convenios colectivos que aplican.
- Sobre los productos: Las normas de calidad, como las mencionadas, emitidas por IRAM.

2.2.11. Influencia del Tratado del Mercosur en el mercado interno

El Arancel Externo Común (AEC) es el impuesto que pagará cada mercancía al ingresar al Mercosur por cualquiera de sus estados partes. Al código arancelario 6810.11.00: Bloques y ladrillos para la construcción le corresponde un AEC del 7,2%.

2.2.12. Demanda futura

Para el cálculo de estimación de la demanda futura se tomaron en cuenta dos análisis. En el primero se puso a prueba la correlación entre el consumo de HCCA y los m² permitidos para la construcción, entre los años 2016 y 2022. En el segundo análisis se puso a prueba la correlación entre consumo aparente anual de HCCA y la estimación de crecimiento de población según el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos).

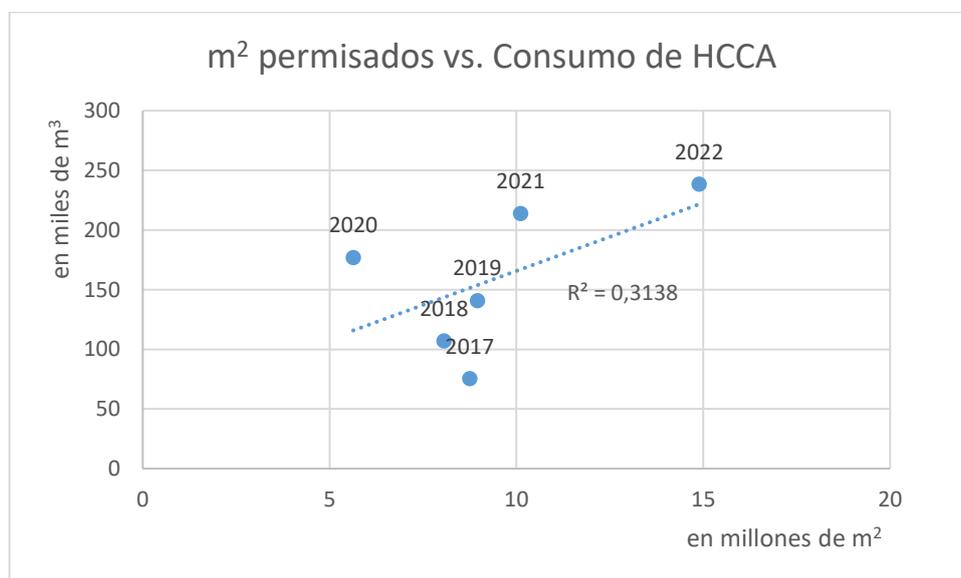


Figura 9. Correlación entre metros cuadrados permitidos en municipios seleccionados de la República Argentina entre 2017-2022 y los metros cúbicos producidos de HCCA en el mismo periodo.

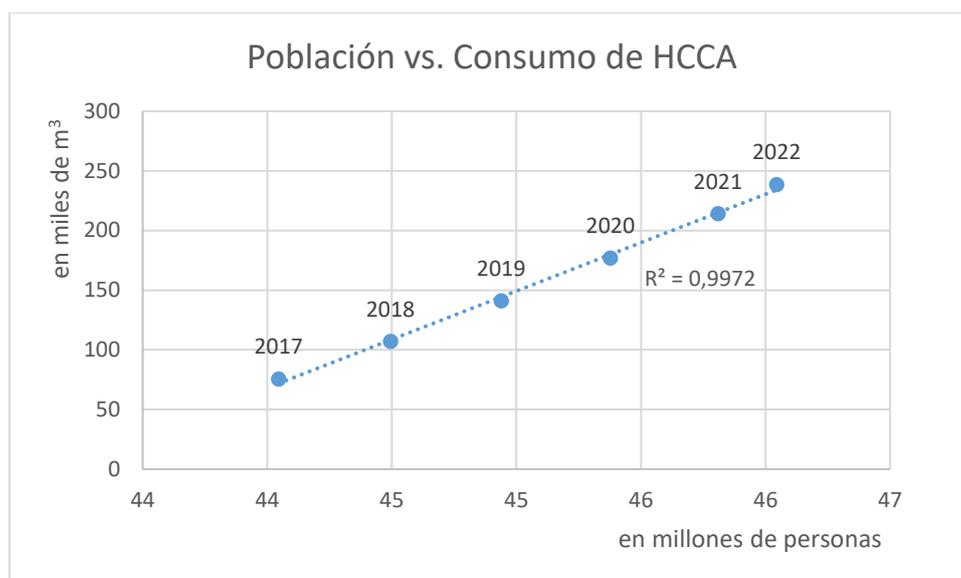


Figura 10. Correlación entre número de habitantes de la República Argentina entre 2017-2022 y los metros cúbicos producidos de HCCA en el mismo periodo.

Se encontró que el crecimiento poblacional desde el año 2017 es un mejor indicador de consumo que los m² permisados. A partir de un ajustamiento lineal por mínimos cuadrados y la proyección de crecimiento poblacional obtenida de INDEC para el periodo 2010-2040 se obtuvieron las siguientes demandas futuras.

Año	Población (Proyección INDEC Censo 2010)	Demanda prevista de HCCA (m ³)
2023	46.654.581	283.556
2024	47.067.641	317.081
2025	47.473.760	350.042
2026	47.873.268	382.467
2027	48.266.524	414.384
2028	48.653.385	445.783
2029	49.033.678	476.648
2030	49.407.265	506.969
2031	49.774.276	536.757
2032	50.134.861	566.022
2033	50.488.930	594.759

Tabla 7. Proyección de la demanda de HCCA en base a la extrapolación del ajuste lineal.

2.3. Tamaño del proyecto

La planta se proyecta para abastecer al 72,8% de la demanda insatisfecha prevista para el año 2033. Se prevé un mercado operando a capacidad máxima, con la segunda planta de la firma Retak en operación, en esquema de 11 meses de producción con 1 mes de mantenimiento y con una exportación del 10% de la producción nacional.

Año	Producción combinada de las firmas Retak, Brimax, Airblock y Lika (m ³)	Exportación (m ³)	Oferta total (m ³)	Demanda prevista (m ³)	Demanda insatisfecha (m ³)
2033	531.667	53.167	478.500	594.759	116.259

La producción para abastecer este mercado deberá ser de 84.600 m³ de bloques de HCCA por año. Considerando un porcentaje de scrap o desecho del 6%, la capacidad de la planta deberá ser de 90.000 metros cúbicos anuales.

2.3.1. Relación de la capacidad con el análisis de mercado

Se prevé una producción inicial de 72.000 m³ anuales, con incrementos interanuales promedio de 2,3% hasta llegar a los 86.400 m³ anuales. Luego se prevé un incremento del 4,2% interanual, hasta llegar a los 90.000 m³ en el año 10. La participación en el mercado irá en aumento hasta lograr un 15% en el año 10.

Año	Producción (m ³)	Incremento interanual	Demanda prevista (m ³)
0	0	-	283.556
1	72.000	-	317.081
2	73.800	2,5%	350.042
3	75.600	2,4%	382.467
4	77.400	2,4%	414.384
5	79.200	2,3%	445.783
6	81.000	2,3%	476.648
7	82.800	2,2%	506.969
8	84.600	2,2%	536.757
9	86.400	2,1%	566.022
10	90.000	4,2%	594.759

Tabla 8. Programa de producción proyectado para la empresa.

2.3.2. Posibilidades futuras de expansión

No se prevén expansiones futuras de la planta por fuera de los incrementos ya proyectados.

2.4. Estudio de los insumos

Los insumos utilizados para la producción de HCCA son los siguientes:

2.4.1.1. Arena

Son partículas sólidas, provenientes de rocas, de hasta 6 mm de diámetro. La composición es heterogénea y varía según la procedencia, pero está formada principalmente por gránulos de cuarzo, la mena del óxido de silicio (IV) (SiO_2). Se lo utiliza como material árido o relleno inerte, para reducir la contracción y aumentar la resistencia del material.

2.4.1.2. Cemento portland

Es una mezcla sólida de distintas fases de silicatos y aluminatos que reaccionan con el agua (fragüe) para producir una roca artificial dura capaz de soportar esfuerzos. Es el componente ligante de la mezcla que origina el hormigón. Se compone de:

- Silicato tricálcico, alita o C_3S , de fórmula química $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, presente en un 60%.
- Silicato dicálcico, belita o C_2S , de fórmula química $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, presente en un 20%.
- Aluminato tricálcico, celita o C_3A , de fórmula química $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, presente en un 5%.
- Ferroaluminato tetracálcico, felita o C_4AF , de fórmula química $4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, presente en un 5%.

2.4.1.3. Cal

Se conoce como cales a distintos compuestos que contienen calcio. La cal viva es óxido de calcio (II) (CaO) obtenido a partir de la calcinación de piedra caliza (carbonato de calcio, CaCO_3), pudiendo contener impurezas de magnesio (Mg). La cal viva reacciona exotérmicamente con el agua, dando lugar a la cal hidráulica. La cal hidráulica o hidratada es hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) que puede reaccionar con el CO_2 para formar carbonato de calcio, endureciendo la mezcla.

Para la producción de HCCA se utiliza como insumo exclusivamente la cal viva (referida a partir de ahora solo como cal). La reacción de hidratación otorga el aporte de energía necesario para el proceso. Se requiere una concentración de CaO libre mayor al 90%.

2.4.1.4. Yeso

Es el nombre que se le da a las mezclas de sulfato de calcio en forma de hidrato. Para la producción de HCCA se utiliza sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) y debe evitarse en su forma de hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$). El hemihidrato es altamente soluble con respecto al dihidrato y su utilización provoca un falso fraguado. El falso fraguado es la rigidez de la mezcla debido a la cristalización del yeso por la sobresaturación de la misma (Hansen, 1962). El yeso también se utiliza como retardante de las reacciones de las fases aluminatos en la mezcla cementicia, principalmente del C_3A . En ausencia de yeso, los aniones aluminato se adsorben sobre las fases C_3S e impiden su hidratación. En presencia de yeso, los aluminatos reaccionan para formar etringita y otras fases AFm (ferroaluminatos monosustituidos).

2.4.1.5. Pasta de aluminio

La pasta de aluminio es utilizada como agente espumógeno por su reacción con desprendimiento de gas hidrógeno, generando intersticios en la mezcla cementicia que luego se convierten en los poros de la estructura del hormigón celular. La pasta de aluminio se obtiene a partir de la molienda de aluminio metálico y su posterior dispersión en forma de polvo o copos en un solvente no acuoso como dietilenglicol (DEG).

2.4.2. Disponibilidad de materia prima en función a la capacidad de producción

2.4.2.1. Disponibilidad de la arena

Los sitios de mayor producción se encuentran en los márgenes de los ríos Paraná y Uruguay, principalmente en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Santa Fe. También ocurre una extracción significativa de áridos en la provincia de Córdoba. Datos del 2016 reflejan que se extrajeron 18,3 millones de toneladas de arena en ese año para uso industrial y en la construcción (INDEC, 2018).

En Buenos Aires, la empresa Silos Areneros Buenos Aires S.A.C. tiene seis embarcaciones con capacidad conjunta de 15.800 toneladas diarias. Las empresas Arenera Puerto Nuevo S.A. y Arenera Vendaval S.A. comercializan arenas de diferentes calidades por 1,2 millones de toneladas al año. Arenera del Puerto S.A. en Puerto San Pedro, posee 1 barco arenero equipado cuya capacidad total de producción es de 1.300 toneladas diarias. Arenera Blinki S.A. tiene la base de sus operaciones en Dock Sud y cuenta con cinco buques, el mayor de ellos con capacidad de hasta 1.400 m³ diarios.

En Entre Ríos existen alrededor de 170 empresas productoras de áridos, siendo los principales productos el canto rodado y la arena para la construcción. La arena se extrae principalmente en la zona del delta mediante barcos areneros (Revista Vial, 2015). En la isla de Ibicuy y en Gualeguaychú existe un nodo con 12 empresas extractivas instaladas (Mejor Energía, 2022). Los estudios de aptitud ambiental revelan que la empresa Oros mayo S.A. planea asentarse en dos campos de esa región para la explotación minera y extraer 2,8 millones de toneladas de arena en un tiempo estimado de 5 años (Era Verde, 2023). En la ciudad de Paraná está localizada la empresa Arenera Toma Nueva S.R.L. que cuenta con tres buques extractivos, lo que la convierte en la más importante de esa localidad. Al sur de esa ciudad, en la localidad de Diamante, se encuentra Arenas Argentinas del Paraná, empresa que cuenta con una instalación de procesamiento de minerales que puede abastecer hasta 150 mil toneladas de material por año (Trade News, 2019).

En Capitán Bermúdez, Santa Fe, se encuentra la empresa Areneras Vignaduzzi S.R.L. que comercializa seis tipos de arenas.

En Córdoba la extracción de arenas sedimentarias se localiza en las inmediaciones de los ríos como el Suquia, Xanaes, Anisacate, Río Tercero y Río Cuarto, mientras que la extracción de áridos por voladura se ubica en la región de las sierras. Se estima que existen alrededor de 100 canteras dedicadas a la extracción de arenas fluviales en toda la provincia (Bonalumi, y otros, 2014). Entre las empresas se mencionan Canteras Pietracor SRL, Canteras Houthalen S.A, Marinelli SA, Cantera Bringas y Arenera Kunz SRL.

Se consultaron tres fuentes distintas para obtener el precio promedio de la arena (sin incluir el traslado). Los resultados se exponen a continuación.

Precio	Unidad	Fuente/Proveedor
\$ 6.600,99	m ³	División Construcción
\$ 10.275,00	m ³	Cencosud Easy
\$ 4.987,39	m ³	Revista AyC
Promedio	\$ 7.287,79/m ³	

Tabla 9. Listado de precios de arena de proveedores seleccionados a junio del 2023.

La presencia de la Argentina en el mercado externo de arena es insignificante comparada con los grandes exportadores e importadores en el mundo, entre ellos Estados Unidos y China. En el año 2021, la Argentina exportó arenas silíceas por un total de 150 mil dólares, principalmente a Chile y Colombia, representando un 1,94% del valor exportado por países del continente sudamericano. En

el mismo periodo, la Argentina importó arena por un valor de 5 millones de dólares, proveniente principalmente de los Estados Unidos (Gaulier & Zignago, 2010).

La evolución de la extracción de arena en los últimos años muestra una tendencia creciente. En el periodo 2003-2014 la Argentina paso de producir 24 millones de toneladas de áridos, entre arena de río y canto rodado, a 94 millones de toneladas por año. En el mismo período, el volumen de arena extraída de los ríos Paraná, Uruguay y Paraguay, por las provincias de Buenos Aires y la región NEA creció un 293% (Uno Entre Ríos, 2015). Este efecto se debe principalmente a la demanda del sector de la construcción y también a arenas para la extracción de petróleo y gas no convencional por medio de fractura hidráulica. Se estima que este rubro demanda dos millones de toneladas anuales (Barletti, 2022)

2.4.2.2. Disponibilidad del cemento

En Argentina la capacidad total instalada de producción de cemento, entre todas las plantas productoras instaladas, es de 15,3 millones de toneladas al año. Los principales lugares en donde se produce cemento en el país son las provincias de Buenos Aires y Córdoba con 7 y 2 plantas productoras en cada provincia, respectivamente. Los principales productores en el país son las empresas Loma Negra CIA S.A., Holcim, Cementos Avellaneda y Petroquímicos Comodoro Rivadavia (PCR). Las mismas contabilizan un total de diecisiete plantas productoras y procesadoras de cemento y explican casi la totalidad de la producción nacional.

Los precios, descontando el porte, son los siguientes:

Denominación	Precio	Unidad	Fuente/Proveedor
Cemento Loma Negra CPC40	\$ 56,10	kg	Cencosud Easy
Cemento Avellaneda CPC40	\$ 56,47	kg	Suministro de Obras
Cemento genérico	\$ 58,64	kg	GALP Inversiones
Cemento Holcim CPC40	\$ 46,48	kg	Suministro de Obras
Cemento a granel genérico	\$ 131,89	kg	DARSIE Y CIA S.A.C.I

Tabla 10. Listado de precios de cemento de proveedores seleccionados a junio del 2023.

El 90% del cemento despachado por las empresas mencionadas es de producción nacional y abastece casi con independencia del mercado externo a la demanda doméstica. El excedente de cemento producido es exportado, sin embargo, se observan tendencias muy dispares, con incrementos en importaciones de cementos especializados en los últimos años y un descenso en las exportaciones del cemento nacional (Misirlian & Barcia Pérez, Análisis de la industria del cemento en Argentina, 2018).

Para evaluar el volumen físico producido en los últimos años, en la se indican los despachos de cemento por año. A partir del año 2018 se observa una producción en descenso llegando hasta un mínimo de 9,87 millones de toneladas en el año 2020, atribuible a la emergencia sanitaria y económica del país en dicho periodo. No obstante, en los años posteriores, desde el 2021 en adelante, se observa una pronta recuperación del sector, superando incluso niveles de producción pre pandemia (13 millones de toneladas en el 2022).

Producción de cemento portland

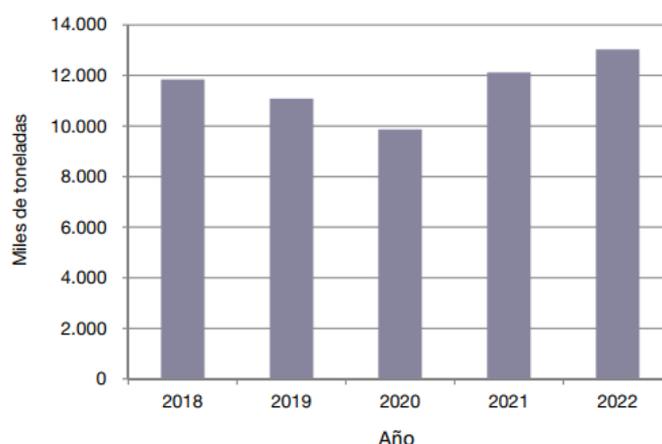


Figura 11. Producción de cemento portland en la Argentina entre los años 2018-2022 en miles de toneladas. Fuente: INDEC, en base a datos de Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP).

Dicho bien está íntimamente relacionado con el desarrollo inmobiliario y su consumo se puede utilizar como indicador de actividad constructiva y/o indicador de desarrollo urbano y social (Misirlan & Barcia Pérez, Análisis de la industria del cemento en Argentina, 2018).

2.4.2.3. Disponibilidad de la cal

La producción de cal en Argentina se encuentra liderada por la provincia de San Juan, que tiene los yacimientos calcáreos más importantes del país, en donde la producción es requerida tanto por la industria nacional como internacional. La cal representa la segunda actividad minera provincial y la primera en la minería no metalífera (Merino, 2020). Las provincias que le siguen en producción son Buenos Aires y Córdoba.

En el año 2003, la capacidad instalada para la producción de cales alcanzaba las 800.000 toneladas anuales. Según los últimos datos estadísticos encontrados sobre este sector, en el 2011 la producción de cal alcanzó los 2,7 millones de toneladas entre las 3 provincias mencionadas, siendo el 66,2% aportado por San Juan. Para el año 2014 la producción de cal superó los 2,5 millones de toneladas solo en la provincia cuyana.

En relación al mercado externo, en el 2013 la producción aumento a 2.199.377 toneladas con la finalidad de cumplir con los compromisos de exportación con empresas mineras chilenas. Para el año 2014 la capacidad instalada superó las 2.500.000 toneladas anuales, lo cual se explica por el ingreso de la mega minería, la demanda de la industria siderúrgica y los requerimientos cada vez mayores en la minería chilena.

En Argentina las principales productoras son las empresas: Sibelco, Grupo Calidra, Caleras San Juan y Compañía Minera del Pacífico (CMP), ubicadas en San Juan, CEFAS, que produce cal en San Juan, Buenos Aires y Córdoba (la planta más grande está en la primera) y Loma Negra y Calera Avellaneda, ubicadas ambas en la provincia de Buenos Aires.

Los precios de la cal son:

Denominación	Precio	Unidad	Fuente/Proveedor
Cal Viva El Milagro	\$ 93,60	kg	Calidra
Cal Viva (bolsa x 23 kg)	\$ 211,96	kg	FGH
Cal a granel	\$39.000,00	tn	Suministro de obras

Tabla 11. Listado de precios de la cal de proveedores seleccionados a junio del 2023

La provincia de San Juan exporta un 36% del total producido en sus tierras hacia Chile y Uruguay, pero de ese porcentaje el 90% se destina mayormente a Chile, que la utiliza para desarrollar su actividad minera.

2.4.2.4. Disponibilidad del yeso

El sulfato de calcio dihidratado se utiliza en gran medida en nuestro país como fertilizante de suelos, por lo cual se lo conoce también como yeso agrícola. En el año 2016, en Argentina, se produjeron 2.391.350 toneladas de yeso (INDEC, 2018). La provincia de Río Negro lidera el ranking con alrededor de 600 mil toneladas anuales (Vega, 2020). Existen también yacimientos de yeso en las provincias de San Juan, Mendoza y La Pampa.

Minera José Cholino e Hijos S.R.L., en Río Negro, produce cerca de 20 mil toneladas mensuales (Diario Río Negro, 2019). Junto a Minera Juan Pierucci e Hijos explican casi la totalidad de la extracción en el departamento General Roca. En Mendoza se encuentra la empresa Yeso Agrícola Malargüe en la localidad del mismo nombre. En cercanías de San Rafael se encuentra la Minera Cañada Ancha. En la ciudad de Iglesia, San Juan, la empresa familiar Domanico explota alrededor de 2.000 toneladas por mes (Tiempo de San Juan, 2017).

Los precios del sulfato de calcio dihidratado son los siguientes:

Denominación	Precio	Unidad	Precio por kg	Proveedor
Yeso en polvo (a granel)	\$6.276,00	tn	\$6,28	Minera José Cholino
Yeso en polvo (big bag ~1250 kg)	\$10.385,00	tn	\$8,31-\$10,39	Minera José Cholino

Tabla 12. Listado de precios de yeso agrícola de proveedores seleccionados a junio del 2023

En el año 2021 Argentina exportó 4,1 millones de dólares de yeso, en su gran mayoría a Paraguay (77,5%), seguido por Chile (11,6%) y Uruguay (10,8%). El país no importa cantidades significativas del producto.

2.4.2.5. Disponibilidad de la pasta de aluminio

En Argentina la producción de aluminio electrolítico se realiza en su totalidad en Puerto Madryn, Chubut. Allí la firma Aluar tiene una planta con capacidad de producción de 460 mil toneladas anuales. Sin embargo, la empresa no produce aluminio en presentaciones de pasta o polvo. La gran mayoría se exporta a Estados Unidos, precisamente 238,5 mil toneladas en 2017 (Misirlian & Barcia Pérez, 2018), donde es reconvertido a sus otras formas.

No se encontraron datos acerca del comercio internacional del aluminio en pasta, pero se observan tendencias a partir del comercio de su componente mayoritario, el aluminio en polvo. En 2021, los tres principales exportadores de aluminio en polvo fueron Malasia, Egipto y Alemania, en ese orden. El mismo año China importó 209 millones de dólares, Alemania 104 millones de dólares y Estados

Unidos 84,9 millones de dólares. La Argentina importa aluminio en polvo mayoritariamente desde Alemania (Gaulier & Zignago, 2010).

La empresa germana Eckart pertenece al grupo Altana y tiene plantas en Wackersdorf, Alemania, y en Louisville, Estados Unidos, con una capacidad de producción de 10 mil toneladas de polvos metálicos anuales (ECKART GmbH, 2019). La firma Schlenk produce pastas y polvos metálicos en tres de sus plantas, ubicadas en Barnsdorf, Alemania, en Kamnik, Eslovenia y en Bojkovice, República Checa (Schlenk TAF GmbH & Co. KG, 2021).

En China, la empresa Jie Han Metal Material Co. Ltd. de la provincia de Shan Dong tiene una capacidad de hasta 500 toneladas por mes. Novotek Machinery Co. Ltd. de la ciudad de Shanghai también ofrece pasta de aluminio para HCCA.

La pasta se comercializa a €5,90 por kg, lo que representa \$1.790,77 pesos argentinos por kg, al cambio oficial el 3 de agosto de 2023, sin tener en cuenta los impuestos asociados a la compra en divisa extranjera.

2.4.3. Incidencia del proyecto sobre el mercado de las materias primas

Si bien el mercado del cemento, de la arena, la cal y el yeso guarda relación directa con la producción de hormigones de todo tipo, se considera que el proyecto no tendrá una gran incidencia en el mismo. El mercado de la construcción se ubica de manera dispersa en el país y se prevé un consumo no importante de MP para la elaboración del producto en comparación con la producción de los mismos a nivel nacional e internacional.

2.4.4. Evolución futura prevista

A partir de datos del INDEC del Índice de Costos de la Construcción (ICC) para el capítulo de Materiales en los periodos 2022 a 2023 (ver), se obtuvo una curva de ajustamiento lineal y se realizó una proyección a cinco años, como se observa en la . El comportamiento que se exhibe es incremental para todo el periodo seleccionado. Para el cierre del año 2028 se estima que el ICC Materiales alcanzará el valor 341,00, tomando como período base el mes de junio de 2023.

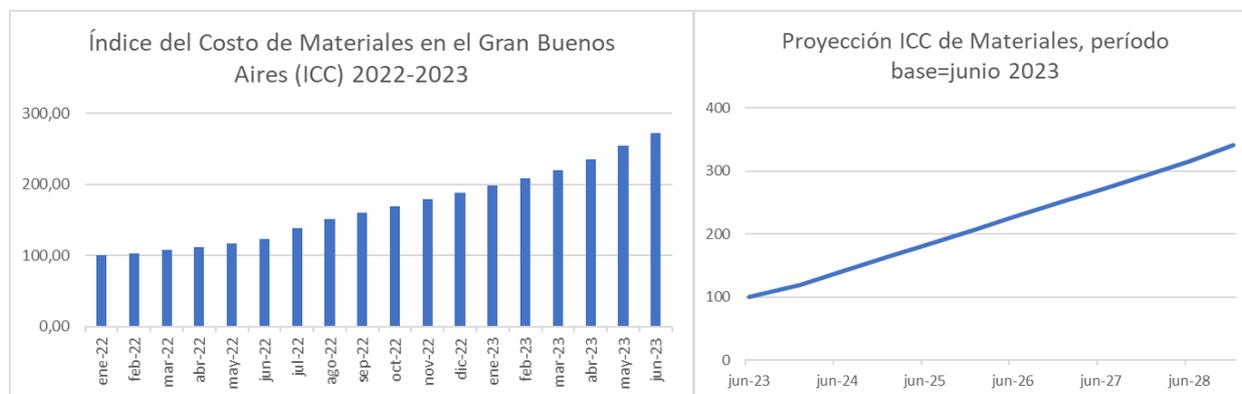


Figura 12. Izquierda: Evolución del ICC capítulo materiales para el período desde enero 2022 a junio 2023. Derecha: Proyección de ICC capítulo materiales en base a extrapolación de ajustamiento lineal por método de mínimos cuadrados de ICC 2022-2023. Fuente: Elaboración propia en base a datos de INDEC.

Teniendo en cuenta los precios indicativos a junio de 2023, las estimaciones arrojan los siguientes precios para los insumos en los periodos seleccionados.

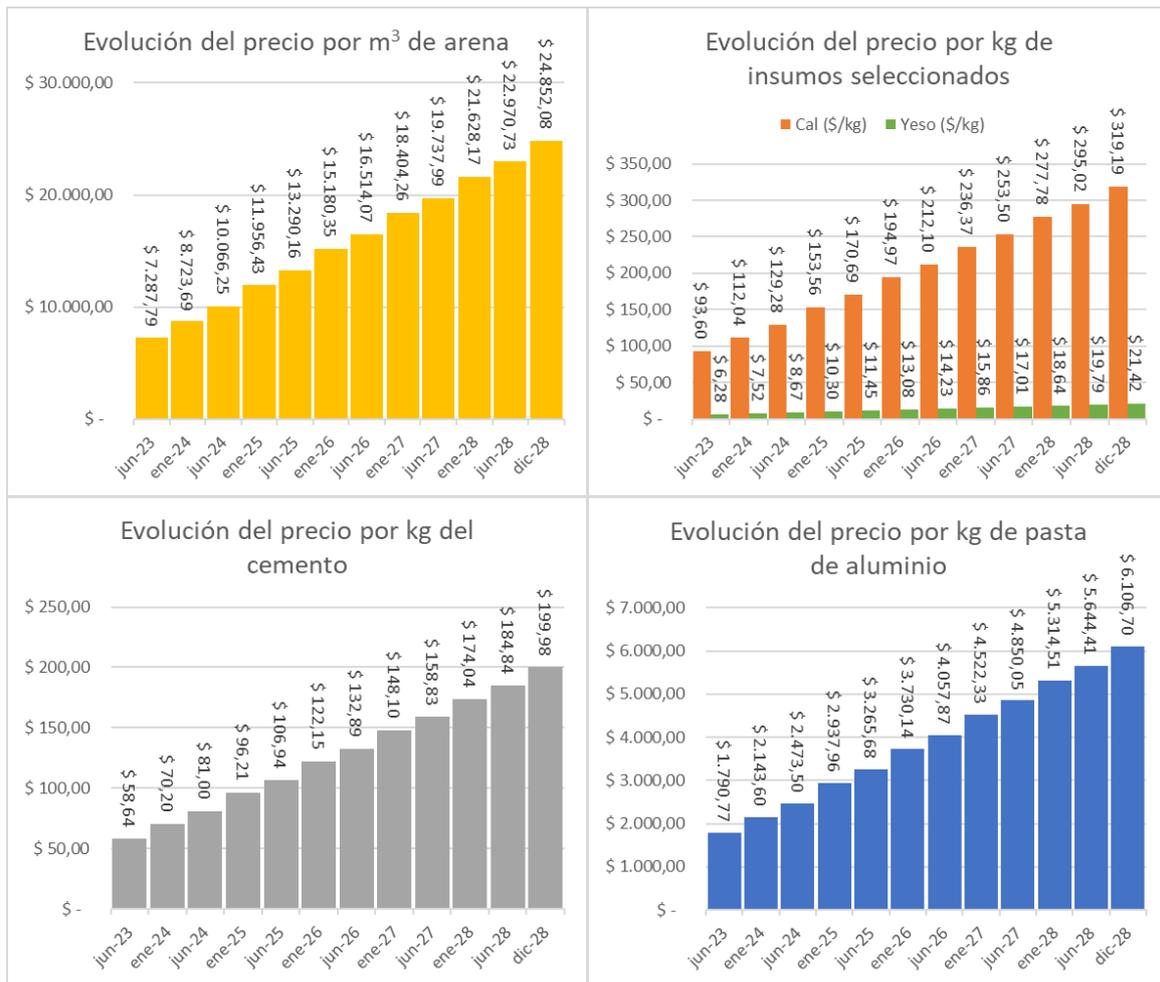


Figura 13. Evolución de los precios de los insumos seleccionados en base a la extrapolación del ICC Materiales obtenida en la Figura 12. Fuente: Elaboración propia.

2.5. Justificación de la tecnología adoptada

2.5.1. Material inerte

En la mayoría de los casos, la arena es el único inerte utilizado en la producción de ladrillos de HCCA. Las cenizas volantes, provenientes de instalaciones termoeléctricas, y la escoria de alto horno, provenientes de la industria del acero, son también materiales inertes que se utilizan en conjunto o en remplazo de la arena. Al ser subproductos de sus respectivos procesos, el costo de los mismos es relativamente bajo, pero está fuertemente influenciado por la cercanía a los centros de abastecimiento y los gastos de transporte. Además, es importante la constancia y la calidad de la fuente de abastecimiento, debido a que un cambio en la composición de la MP provocará un cambio en la receta de elaboración del producto. Por esto último, se prefiere a la arena silíceas como insumo principal.

2.5.2. Material ligante

Tanto el cemento como la cal y el yeso generan reacciones cuyos productos promueven el endurecimiento, convirtiéndolos en buenos materiales ligantes, dependiendo de su aplicación. Sin embargo, de estos tres insumos, el cemento es el único que tiene características de resistencia estructural apropiadas para su uso en bloques o ladrillos. La cal y el yeso se utilizan, en menor medida, como aditivos.

2.5.3. Agente espumógeno

El material generador de gas más utilizado para la producción de hormigón alivianado es el aluminio, ya sea en su presentación en polvo, en solución acuosa o estabilizado en forma de pasta. Existen también otro tipo de espumógenos de base proteica con tensioactivos de origen vegetal. El inconveniente de estos productos naturales es su estabilidad térmica, por lo que no son apropiados para un proceso de curado a altas temperaturas.

Si se trabaja con aluminio en polvo deben tomarse medidas de seguridad y preverse instalaciones especiales, ya que es altamente reactivo y genera mezclas explosivas con el aire. Por otro lado, la solución acuosa es inestable en el tiempo y debe mantenerse refrigerada. Una interrupción en la cadena de frío puede desencadenar la reacción exotérmica, que terminará evaporando el agua e incendiando el material. Las pastas con DEG se recomiendan cuando las altas temperaturas de almacenamiento y las largas distancias de transporte requieren una amplia estabilidad de almacenamiento. Se prefiere esta presentación que, si bien presenta menor contenido de aluminio por unidad de masa (~70% vs. ~90% en polvo), resuelve estos inconvenientes.

2.5.4. Posibles consecuencias futuras de la tecnología usada

La arena que se extrae para HCCA también se destina para los pozos de fracking en la cuenca de Vaca Muerta. Dependiendo de la demanda internacional y los precios del petróleo no convencional puede esperarse en los próximos años una fuerte competencia y un control del mercado de la arena por parte de los combustibles. En términos medioambientales, la explotación inadecuada de arena de río está produciendo el anegamiento de campos en Entre Ríos por el arrastre de partículas ultra finas en el lavado cuya granulometría no permite el drenaje del agua (AIM, 2019).

El cemento es el material que se produce en mayor cantidad en todo el mundo y es el segundo de mayor consumo, después del agua. Es responsable de entre el 4% y el 8% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO₂), un gas de efecto invernadero (Watts, 2019). Según estimaciones de la Comisión Global en Economía y Clima, si se mantienen los niveles actuales de crecimiento en materia de infraestructura, el sector de la construcción emitirá 470 giga toneladas de CO₂ para el año 2050. Según el Acuerdo Climático de París, los gobiernos se comprometieron a reducir las emisiones de la industria del cemento en un 16% para 2030. Teniendo en cuenta esto, puede esperarse un alza de los precios del cemento a nivel global, una mayor carga tributaria con el objetivo de desincentivar la producción y consumo y la introducción de tecnología y mejoras en la eficiencia energética de los procesos productivos del material. Las ventajas o dificultades que surjan de estas medidas tendrán un impacto significativo en la rentabilidad del proceso productivo del HCCA.

Por último, se vio que la pasta de aluminio será indefectiblemente un insumo importado. Por lo tanto, depende fuertemente de la política de comercio exterior que adopte el país. Deberá preverse la sustitución por un insumo de producción nacional que sea competitivo y sin pérdida de calidad.

3. Localización

3.1. Localización prevista

La planta de HCCA se ubicará en un parque industrial debido a la accesibilidad a materias primas, cercanía a los consumidores, el aprovechamiento de diferentes tipos de servicios y el acceso a la información.

Según el siguiente análisis, la planta de HCCA se emplazará en el Parque Industrial Campana en la provincia de Buenos Aires.



Figura 14. Vista área y entrada del Parque Industrial Campana. Recuperado de Parque Industrial Campana, www.parqueindustrialcampana.com.ar.

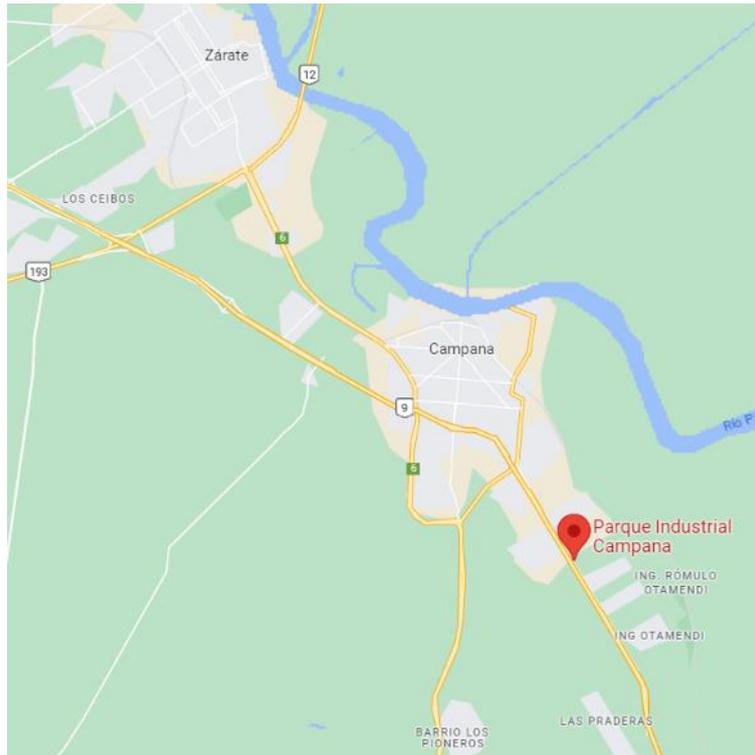


Figura 15. Ubicación geográfica del parque industrial campana. Fuente: Recuperado de Google Maps.

3.2. Condiciones de la localización

Para el análisis se consideraron 4 parques industriales:

- Opción A: Parque Industrial, Logístico y Tecnológico “Ruta M” (PRM) en la localidad Manfredi, Córdoba.
- Opción B: Parque Industrial Municipal (PIM) en la localidad Luján de Cuyo, Mendoza.
- Opción C: Parque Industrial Campana (PIC) en la localidad Campana, Buenos Aires.
- Opción D: Parque Industrial San Lorenzo (PISA) en San Lorenzo, Santa Fe.

3.2.1. Cercanía de la materia prima

3.2.1.1. Opción A: PRM (Córdoba)

El principal productor de cemento y cales en la región es la empresa Holcim ubicada en Malagueño, departamento de Santa María, Córdoba. La distancia entre la fábrica y el proveedor es de 93 km por la Autopista Córdoba-Rosario. De las empresas de áridos, Canteras Pietracor se encuentra a 65 km por la misma vía.

3.2.1.2. Opción B: PIM (Mendoza)

El principal productor de cemento en la región es la empresa Loma Negra ubicada en Rivadavia, provincia de San Juan. Se encuentra a 206 km del parque industrial por la Autopista San Juan-Mendoza/RN 40.

Como se mencionó, San Juan es una de las provincias con mayor producción de cal. La empresa Caleras San Juan se encuentra a una distancia de 178 km por la Autopista San Juan-Mendoza/RN40.

3.2.1.3. Opción C: PIC (Buenos Aires)

La empresa Arenera Vendaval S.A. se encuentra a 8 km del PIC. El PIC se encuentra muy próximo al delta del río Paraná. Todas las areneras que operan en el AMBA se incluyen en un radio de aproximadamente 70 km.

Cementos Avellaneda tiene una planta ubicada en Campana que se encuentra a 9,6 km del PIC por RN 9. La planta ubicada en Olavarría está a 395 km del PIC por RN 3. Holcim se encuentra a 11,6 km del parque industrial, por RN 9. Loma Negra está a 155 km del parque industrial, por RN 9.

Arquimex, proveedor de pasta de aluminio Schlenk, se encuentra a 68 km del parque industrial por RN 9.

3.2.1.4. Opción D: PISA (Santa Fe)

La empresa Areneras Vignaduzzi SRL se encuentra a 17 km por Autopista Rosario-Santa Fe/AP01.

La empresa Loma Negra se encuentra a 109 km del PISA, por RN 9.

El proveedor Arquimex, se encuentra a 322 km del parque industrial, por RN 9.

3.2.2. Distancia a los consumidores

Como se mencionó, los consumidores de HCCA se relacionan con los principales aglomerados urbanos de la Argentina. Según datos provisionales del censo del INDEC del año 2022, los principales centros urbanos se encuentran en el Gran Buenos Aires, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), Córdoba, Rosario y La Plata.

3.2.2.1. Opción A: PRM (Córdoba)

Se encuentra a 70 km de la ciudad de Córdoba, a 634 km de CABA, a 663 km de la ciudad de Santa Fe y a 340 km de la ciudad de Rosario.

3.2.2.2. Opción B: PIM (Mendoza)

Se encuentra ubicado a 10 km del centro urbano más próximo y a 27 km de la ciudad de Mendoza. Además, está ubicado a 350 km de Santiago de Chile, lo cual brindaría grandes beneficios para la exportación a dicho país.

3.2.2.3. Opción C: PIC (Buenos Aires)

Se encuentra a 74,6 km de CABA, a 227 km de la ciudad de Rosario y a 623 km de la ciudad de Córdoba.

3.2.2.4. Opción D: PISA (Santa Fe)

Se encuentra a 33 km de la ciudad de Rosario, a 144 km de la ciudad de Santa Fe y a 327 km de CABA.

3.2.3. Disponibilidad de mano de obra y mano de obra calificada

Para el análisis se tomaron los datos proporcionados por el INDEC correspondientes al censo realizado en el año 2010 y los datos provisionales del censo 2022. Se contempla a las personas alfabetizadas en el rango de edad entre 18-50 años. Se considera un porcentaje de alfabetización promedio del 98,1% a nivel país. Además, se tiene en cuenta que el empleo generado por la cadena de la construcción corresponde a un 7% del empleo registrado en la economía (Garfinkel & Anino, 2020). Este porcentaje podría servir como indicador de la cantidad de mano de obra disponible para la empresa.

3.2.3.1. Opción A: PRM (Córdoba)

El departamento de Río Segundo cuenta con una población de 52.268 habitantes dentro del rango de edad establecido. Respecto a centros educativos, la ciudad cabecera cuenta con sede de la Universidad Siglo 21, donde se imparten 20 carreras de grado y tecnicaturas.

3.2.3.2. Opción B: PIM (Mendoza)

El departamento de Luján de Cuyo cuenta con una población de 78.768 habitantes dentro del rango de edad contemplado. No posee universidades por lo que la mano de obra calificada podría provenir de la ciudad de Mendoza.

3.2.3.3. Opción C: PIC (Buenos Aires)

La localidad cuenta con 51.154 habitantes dentro del rango de edad establecido. Con respecto a centros educativos para la mano de obra calificada, la ciudad cuenta con la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Delta, Universidad Kennedy, el Instituto Superior de Enseñanza y la Universidad Nacional de Luján Regional Campana.

3.2.3.4. Opción D: PISA (Santa Fe)

La localidad de San Lorenzo cuenta con una población de 91.374 habitantes dentro del rango de edad contemplado para la mano de obra. La ciudad cabecera no posee universidades, pero al estar a solo 33 km de la ciudad de Rosario y a 144 km de la ciudad de Santa Fe, la mano de obra calificada provendría de estas localidades cercanas.

3.2.4. Combustibles y fuentes de energía

3.2.4.1. Opción A: PRM (Córdoba)

Posee distribución en baja y media tensión de energía eléctrica y red de distribución interna de gas.

3.2.4.2. Opción B: PIM (Mendoza)

Posee distribución de energía eléctrica de media tensión y gas natural con gasoducto en la entrada del parque.

3.2.4.3. Opción C: PIC (Buenos Aires)

Posee distribución de energía eléctrica con línea de media tensión y gas natural.

3.2.4.4. Opción D: PISA (Santa Fe)

Posee red eléctrica de baja y media tensión y red de media y alta presión de gas natural.

3.2.5. Accesibilidad

3.2.5.1. Opción A: PRM (Córdoba)

Se encuentra ubicado en la localidad de Manfredi, en el departamento de Rio Segundo, Córdoba sobre la autopista Córdoba-Rosario km 639. Esta localidad además se encuentra a la vera de la Ruta Nacional 9 y a 12 km de la Ruta Provincial 10, que conecta con la Ruta Nacional 158.

La estación más próxima del Tren Belgrano Cargas se encuentra a 68 km.

3.2.5.2. Opción B: PIM (Mendoza)

Luján de Cuyo es uno de los dieciocho departamentos de la provincia de Mendoza y junto con otros 5 departamentos conforma el mayor núcleo urbano de la provincia, conocido como Gran Mendoza. El departamento de Luján de cuyo se encuentra ubicado al oeste de la ciudad capital lindando con la República de Chile.

El parque se encuentra ubicado en el distrito industrial a 12 km de la ciudad cabecera del departamento, en la confluencia de la Ruta Provincial 48 con la Ruta Nacional 7, frente a la Refinería de Petróleo de YPF. También se destaca su posicionamiento en el encuentro de las Rutas Nacionales 7 y 40, donde la primera contribuye a la accesibilidad a los mercados de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires.

Se encuentra a 34 km de la estación Mendoza de la línea San Martín de Trenes Argentinos Cargas.

3.2.5.3. Opción C: PIC (Buenos Aires)

Se encuentra ubicado en el partido de Campana de la provincia de Buenos Aires. Tiene una ubicación estratégica con fácil acceso por la Ruta Nacional 9, la cual vincula las ciudades de Buenos Aires, Rosario, Córdoba y el norte argentino.

Se encuentra a 20 km de la estación de trenes Zárate N de la línea Urquiza y muy próxima a la estación Campana del Ferrocarril Mitre. También tiene entrada a los dos puertos locales.

3.2.5.4. Opción D: PISA (Santa Fe)

Se encuentra al noroeste de la ciudad de San Lorenzo, en el área delimitada por la Autopista Rosario-Santa Fe, en la intersección de la Ruta Provincial 10, las vías del Ferrocarril Mitre y el arroyo San Lorenzo.

San Lorenzo esta próxima a la hidrovía Paraná-Paraguay y a los complejos portuarios de Rosario y Santa Fe.

3.2.6. Servicios y beneficios

3.2.6.1. Opción A: PRM (Córdoba)

- Energía e iluminación: alumbrado público, distribución media y baja tensión, infraestructura gasífera, red de distribución interna, certificado de empresa con factibilidad de gas natural.
- Agua y cloacas: distribución interna, bombeo e impulsión, servicio contra incendios.
- Comunicación: fibra óptica para acceso a internet, centro de convenciones y capacitación.
- Logística: pórtico de ingreso, cordón cuneta y pavimento, centro logístico regional, forestación perimetral y parquización.
- Seguridad: casilla de ingreso, cerco perimetral y video vigilancia.
- Servicios proyectados: Entre de Promoción de la Producción y el Empleo Manfredi, articulación con el INTA, energías renovables en Córdoba Argentina Mercosur, alumbrado público con certificación Leed fotovoltaico, red de acceso primaria y secundaria, Incubadora de empresas.

3.2.6.2. Opción B: PIM (Mendoza)

- Logística y seguridad: ramal ferroviario interno, acceso y calles internas pavimentadas y perimetrado cerrado: en parte.
- Energía e iluminación: gas natural y energía eléctrica.
- Comunicación: Servicios de telefonía e internet.
- Sanidad: limpieza a cargo de la municipalidad.

3.2.6.3. Opción C: PIC (Buenos Aires)

- Energía e iluminación: red de media tensión y energía trifásica que proviene de la subestación transformadora Campana 1.
- Sanidad: monitoreo de efluentes, desagües pluviales, cordón cuneta y sumideros, desagües industriales, conductos subterráneos que reciben los efluentes líquidos industriales previamente tratados, cuerpo receptor final es el Río Paraná.
- Agua: recurso hídrico subterráneo con abastecimiento de agua por medio de una perforación con un caudal medio de explotación de 10 m³/hora.
- Logística: acceso con pavimento de hormigón armado, calles internas con pavimento asfáltico, con cordón cuneta de hormigón armado, red fluvial en la zona a través del Río Paraná vincula con los puertos de Rosario y Buenos Aires.
- Tributación: las empresas al radicarse cuentan con la posibilidad de desgravación impositiva que le ofrece la ley 10.547 de Promoción Industrial de la Provincia de Buenos Aires.
- Seguridad: las 24 horas.

3.2.6.4. Opción D: PISA (Santa Fe)

- Energía y agua: red eléctrica de baja y media tensión, red de agua corriente, red de media y alta presión de gas natural.
- Sanidad: red de cloacas, sistema de desagües pluviales
- Comunicación: red de telefonía, servicio de internet/Wifi.
- Servicios complementarios: salón de usos múltiples, depósito común, centro de emergencias médicas y primeros auxilios.
- Logística: desvío ferroviario, playa de maniobras para actividades logísticas multimodales.
- Seguridad: doble cerco perimetral, seguridad privada las 24 horas, sistema integrado de monitoreo, sistema de control de ingresos y egresos, sistemas hidrantes contra incendios, balanza común, iluminación interior y alumbrado público exterior.
- Deportes y recreación: gimnasio, campo de deportes, cancha de fútbol, espacios verdes y de recreación, vestuarios, guardería infantil, hotel.
- Servicios financieros y administrativos: banco, oficina de dependencias provinciales y municipales.

3.3. Factores decisivos

Los factores decisivos que se tendrán en cuenta para la elección de la ubicación serán:

- Cercanía de las materias primas: se evalúa la distancia de los principales productores de la materia prima más relevante del proceso a cada uno de los parques preseleccionados.
- Distancia a los consumidores: se evalúa la distancia que recorrerá el producto terminado hacia las principales ciudades con grandes aglomerados urbanos.
- Disponibilidad de mano de obra y mano de obra calificada (MO).
- Servicios auxiliares: disponibilidad de combustible y energía eléctrica, agua potable, iluminación, sistemas de desagües, servicios de telefonía e internet.
- Accesibilidad: se tiene en cuenta la ubicación geográfica de la planta y su distancia hacia las principales ciudades como así también el acceso de rutas, disponibilidad de transporte, entre otras.
- Servicios complementarios y beneficios: seguridad, cerco perimetral, servicios financieros, salón de usos múltiples, espacios comunes, entre otros.

Se utilizará el método cualitativo por puntos para la elección de la localización:

Factor	Ponderación	Opción A		Opción B		Opción C		Opción D	
		Puntaje	Peso	Puntaje	Peso	Puntaje	Peso	Puntaje	Peso
Cercanía de MP	0,25	8	2,00	7	1,75	9	2,25	8	2,00
Cercanía de consumidores	0,20	7	1,40	8	1,60	9	1,80	9	1,80
Disponibilidad de MO	0,15	6	0,90	6	0,90	8	1,20	8	1,20
Servicios auxiliares	0,15	7	1,05	6	0,90	8	1,20	8	1,20
Accesibilidad	0,15	7	1,05	7	1,05	8	1,20	7	1,05
Servicios comp. y beneficios	0,10	8	0,80	5	0,50	8	0,80	9	0,9
Total	1	7,20		6,70		8,45		7,15	

Tabla 13. Resultados del método cualitativo por puntos para la elección de la localización.

Se concluye que la localización más adecuada para la planta es la opción C, Parque Industrial Campana en Buenos Aires.

3.4. Importancia de la industria proyectada en y para la región donde se localiza

Campana-Zárate constituye uno de los polos industriales más afianzados del país. Sin embargo, la planta de HCCA será la primera en producir un bien de este tipo en esta localidad y en la provincia de Buenos Aires (sin tener en cuenta la planta de Retak proyectada para Los Cardales). Aun así, será la más próxima al AMBA, el centro urbano más grande, más poblado y con mayor cantidad de empresas constructoras del país. El resultado es un acceso privilegiado a este centro de consumo. Se prevé que la industria proyectada provocará un impacto positivo en la economía de la región y el país.

4. Ingeniería

4.1. Descripción detallada del proceso de fabricación

4.1.1. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo de proceso (PFD) que detalla los equipos principales se muestra a continuación:

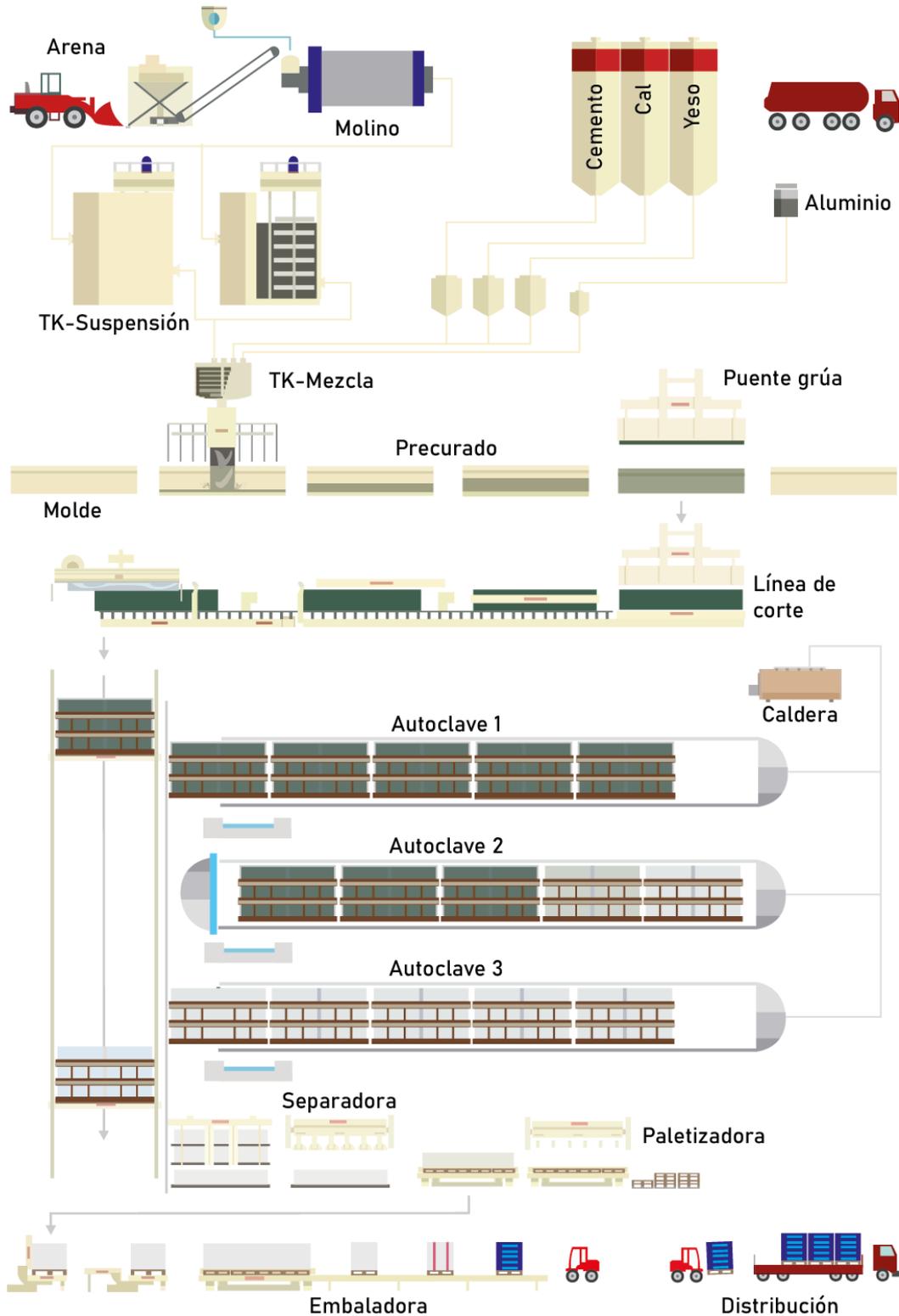


Figura 16. PFD del proceso de producción de HCCA. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Recepción y almacenamiento

Las materias primas (MP) se reciben a granel en camiones y se descargan. El cemento viene en bolsones y se almacena en silos. La cal y el yeso también viene en bolsones y se almacenan en depósito cubierto para tal fin junto a la pasta de aluminio. La arena se acopia sobre el suelo y a la intemperie, en un parque dispuesto para tal fin.

Todos los insumos deben contar con certificado de análisis de origen incluyendo los siguientes parámetros de calidad, según corresponda.

Arena	
Parámetro	Especificaciones
Humedad	< 8%
Tamaño de partículas	< 6 mm
Contenido de arcilla	< 5%
Contenido de Al ₂ O ₃	< 10%

Tabla 14. Especificaciones de calidad de recepción de arenas.

Cemento Portland	
Parámetro	Especificaciones
Finura (% retenido sobre malla 200)	< 5%
Tiempo de fraguado inicial	Entre 60 y 200 minutos
Resistencia a compresión (2 días)	> 15 MPa
Resistencia a compresión (28 días)	Min 40 Max 60 MPa
Requerimiento de agua	Min: 50% Max: 60%
Expansión en autoclave	< 0,8%
Sólidos insolubles	< 30%
Pérdida por calcinación	< 12%
Contenido de sulfitos (SO ₃ ⁻²)	< 3%
Contenido de cloruros (Cl ⁻)	< 0,10%
Contenido de sulfuros (S ₂ ⁻)	< 0,50%

Tabla 15. Especificaciones de calidad de recepción del cemento.

Pasta de aluminio	
Parámetro	Especificaciones
% partículas mayores a 70 µm	≤ %50
% partículas menores a 150 µm	> 90%

Tabla 16. Especificaciones de calidad de recepción de la pasta de aluminio.

Cal (óxido de calcio)	
Parámetro	Especificaciones
Contenido de CaO libre	> 80%
Reactividad en agua t ₆₀ °C	4-15 min
Contenido de MgO	< 2%
Finura (% retenido sobre tamiz ASTM #170)	Máx. 20%

Tabla 17. Especificaciones de calidad de recepción de la cal.

Yeso (Sulfato de calcio)	
Parámetro	Especificaciones
Contenido de CaSO ₄	> 90%
Granulometría	≤ 1 mm

Tabla 18. Especificaciones de calidad de recepción del yeso.

Los lotes que cumplen con las especificaciones son aceptados. Para el caso de materiales empacados se realizará una inspección de las condiciones de envío. No se aceptarán lotes con material dañado y/o envases abiertos.

4.1.3. Molienda y formación de la lechada

El primer paso del proceso consiste en la molienda del agregado fino y su mezcla con agua para formar la lechada. La lechada o “slurry” es una suspensión de arena en agua o cemento en agua.

Un cargador frontal alimenta la arena a una tolva que la descarga a una cinta transportadora y la conduce hacia el molino de bolas para formar la lechada. La molienda se realiza en húmedo añadiendo agua a la preparación. La cantidad de agua que se dosifica está dada por la densidad de lechada final. También, se alimentan las bolas nuevas y de mayor diámetro al molino, según requerimiento. La suspensión con partículas lo suficientemente finas para atravesar las aberturas del tamiz que envuelve el tambor abandona el molino y es recolectada. Por medio de una bomba centrífuga se impulsa la lechada hasta un tanque pulmón con agitación para prevenir la sedimentación de la arena.

4.1.4. Mezclado

El mezclado consiste en la operación que tiene como objetivo poner en contacto íntimo las materias primas e insumos para generar la mezcla de hormigón reaccionante.

El cemento se dosifica desde los silos a un tanque y se mezcla con agua. Los materiales secos: la cal y el yeso se vierten en tolvas que dosifican los sólidos al tanque principal de mezcla. La pasta de aluminio se descarga desde su recipiente a un tanque agitado dispuesto para tal fin y que puede dosificar desde el mismo al tanque principal de mezcla.

El tanque principal de mezcla recibe la alimentación de lechada de arena, lechada de scrap (material sobrante de etapas posteriores que se recicla en el proceso), la mezcla de cemento, la mezcla de cal, el yeso y la pasta de aluminio según las proporciones de dosaje.

La densidad de la mezcla final debe ser entre 1600 – 1800 kg/m³ y se ajusta con los flujos de lechada y dosificación de agua.

4.1.5. Precurado en molde

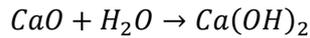
Se vierte la mezcla resultante del paso anterior en el molde previamente aceitado hasta un tercio de su capacidad. El molde se mueve sobre rieles y continua su paso al recinto de precurado.

El precurado consiste en colocar los moldes en un espacio cerrado, en el que se le da tiempo para que se eleven las tortas y que las primeras reacciones se completen. Este paso es de gran importancia debido a que afectará la densidad del bloque y el perfil de temperaturas en el curado, pudiendo provocar deméritos en el producto, como ser un ladrillo duro por fuera y blando por dentro, o que se fisure al enfriarse.

La torta se eleva y ocupa todo el volumen del molde. El proceso dura 4 horas en cada molde. En la mezcla empiezan a ocurrir una serie de reacciones, entre las que se destacan:

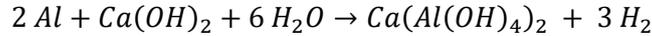
4.1.5.1. La reacción de formación de hidróxido de calcio

La cal reacciona con el agua de manera fuertemente exotérmica. Esto provee del aporte de energía necesario para elevar la temperatura de la torta y promover el resto de las reacciones.



4.1.5.2. La reacción de formación gas

El aluminio reacciona con el agua y la cal hidráulica (hidróxido de calcio) desprendiendo hidrogeno gaseoso. El gas se desprende y forma burbujas en la mezcla. El espacio ocupado por el gas es el responsable de la formación de la estructura porosa celular.

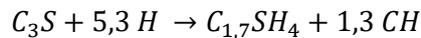


4.1.5.3. Las reacciones de fragüe del cemento

Involucra una serie de pasos y reacciones acopladas de hidratación con la formación de distintos cristales sólidos. El cemento es una mezcla solida de fases sulfatos y fases aluminatos. Entre los componentes reaccionantes se encuentran los siguientes:

- Alita, simbolizada C_3S , silicato tricálcico ($3 CaO \cdot SiO_2$), es el componente mayoritario del cemento (60%).
- Belita, simbolizada C_2S , es silicato dicálcico ($2 CaO \cdot SiO_2$), presente en un 20%.
- Celita, simbolizada C_3A , es aluminato tricálcico ($3 CaO \cdot Al_2O_3$), presente en un 5%.
- Felita, simbolizada C_4AF , es ferro aluminato tetra cálcico ($4 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$), presente en un 5%.

El objetivo del fragüe es la formación de cristales de tobermorita (CSH, silicato de calcio hidratado) y portlandita (CH, hidróxido de calcio). Estos minerales son los responsables del endurecimiento de la torta y la dureza del ladrillo. La formación de CSH y CH ocurre a partir de la reacción de C_3S y, en menor medida, de C_2S con agua. La reacción estequiométrica promedio se da a continuación en nomenclatura pseudo-química, frecuente en la jerga de este tipo de materiales, donde C representa al CaO, S al SiO_2 , H al agua, A al Al_2O_3 y F al Fe_2O_3 .



El proceso de hidratación o fragüe del cemento se da en 4 fases distintivas y que pueden trazarse por el perfil de temperatura que se origina en la mezcla reaccionante. Estas son:

Fase I o disolución

La alita se disuelve de forma altamente exotérmica en agua. La celita, que también es altamente reactiva, tiende a liberar iones aluminato que se adsorben sobre la alita y disminuyen la solubilidad de esta. Para evitar esto se adiciona sulfato de calcio (yeso) que precipita con la C_3A formando el cristal etringita. Esta etapa tiene una duración de unos pocos minutos.

Fase II o inducción

Es un periodo latente en el que ocurre un descenso de la rapidez de disolución y un aumento en el número de núcleos de cristalización de CSH y CH.

Fase III o aceleración

En ella ocurre la precipitación masiva de CSH y CH de manera exotérmica.

Fase IV o desaceleración

El agotamiento de reactivos y el endurecimiento de las estructuras cristalinas provoca el inicio de un periodo de baja actividad en el que ocurre un lento aumento en la dureza del material debido a la difusión de especies.

A partir de la mezcla y hasta el fin del tiempo de precurado ocurren las fases I y II en la mezcla. Los controles de esta etapa son dureza y temperatura. Cuando la dureza alcanza un determinado valor es indicio de que se han formado núcleos de tobermorita.

4.1.6. Corte

Una vez terminada la etapa de precurado, la torta es lo suficientemente cohesiva como para ser sostenida e invertida por medio de los brazos de accionamiento mecánico del puente grúa.

El molde es transportado hasta la línea de corte, donde se da vuelta mediante una serie de poleas de levantamiento. La torta se corta en bloques según especificaciones por medio de un sistema de alambres, obteniendo ladrillos prismáticos rectangulares.

Los restos de material sobrante se recirculan hacia la formación de lechada de scrap.

4.1.7. Curado en autoclave

El objetivo del curado es aportar a los bloques su resistencia y dureza. En esta etapa se catalizan las reacciones de la fase III y IV con la precipitación de los cristales de CSH y CH.

La torta previamente cortada se traslada al autoclave túnel, que es una cámara cilíndrica herméticamente cerrada. En primer lugar, se somete al material a un vacío para evacuar el aire de la cámara y extraer el aire remanente incorporado en la torta y que no pudo extraerse con la agitación. Luego, se inyecta vapor saturado y se somete al material a una temperatura de 180 °C, a una presión de 12 bar por un tiempo de 10-12 horas. En esta etapa se produce un endurecimiento artificial y la formación de los cristales de tobermorita, a partir de los núcleos de cristalización obtenidos anteriormente. El gel de tobermorita es estructuralmente amorfo, cuando se cura correctamente en autoclave se obtiene la forma de espinas que indica que el cristal se ha formado.

4.1.8. Separado de ladrillos y embalaje

Las tortas curadas pasan a la maquina separadora de ladrillos. Aquí se desencastran los ladrillos por medio de un brazo de accionamiento neumático. Los ladrillos separados pasan luego a la paletizadora y embaladora. Los ladrillos son dispuestos sobre los pallets y recubiertos con un material plástico. El producto está listo para su distribución y abandona la nave de producción por medio de autoelevadores.

4.1.9. Almacenamiento de producto terminado

El producto terminado (PT) dispuesto en las paletas de madera se dispone en estibas en el parque de salida. Los camiones que ingresan al establecimiento son previamente tarados en una balanza a la entrada del establecimiento. Al salir se obtiene el peso de la carga por diferencia.

4.2. Justificación de la elección del proceso

Se analizará el funcionamiento de las distintas tecnologías disponibles y a las involucradas en las etapas del proceso.

4.2.1. Etapa de molienda

Para esta etapa se selecciona un molino de bolas con alimentación horizontal y recubrimiento metálico.

Molino de bolas

Los molinos de bolas son equipamientos de reducción de tamaño que se ubican dentro de la categoría de molinos rotatorios o de volteo. Dentro de los molinos de bolas mencionamos dos tipos:

Molino de bolas horizontal

Consiste en una carcasa cilíndrica que gira alrededor de un eje horizontal y está llena aproximadamente hasta la mitad de su volumen con un medio solido de molienda, el cual consiste en bolas de metal. Las bolas se elevan de manera centrifuga por el movimiento de las paredes alrededor de un eje y luego caen haciendo un efecto de "cascada", impactando sobre el material a moler que se encuentra debajo, a la vez que van rompiendo el material que se encuentra dentro mediante fricción.

El material a moler ingresa por un extremo y sale por el opuesto de forma continua. La envolvente está cubierta con una malla que permite el paso de la arena con la granulometría deseada y evita que las bolas desgastadas salgan del equipo junto a la lechada.

El molino de bolas es capaz de procesar grandes cantidades de material en poco tiempo, lo que lo hace adecuado para procesos de producción a gran escala como el de la fabricación de hormigón celular curado en autoclave. También puede controlarse la finura del polvo molido ajustando la velocidad del molino, la dosificación de agua y la duración del proceso de molienda.

Molino de bolas agitadas

Los molinos de bolas agitadas son similares a los molinos de bolas horizontales en el sentido de que unas bolas inertes impactan contra el material a moler. Sin embargo, en los molinos de bolas agitadas, las bolas se mueven en una suspensión contenida en un tanque estático por medio del movimiento impartido al fluido por medio de un impulsor acoplado a un rotor. Solo se utiliza en caso de molienda húmeda y requiere suspensiones no muy viscosas ni abrasivas. No se considera apto para esta aplicación.

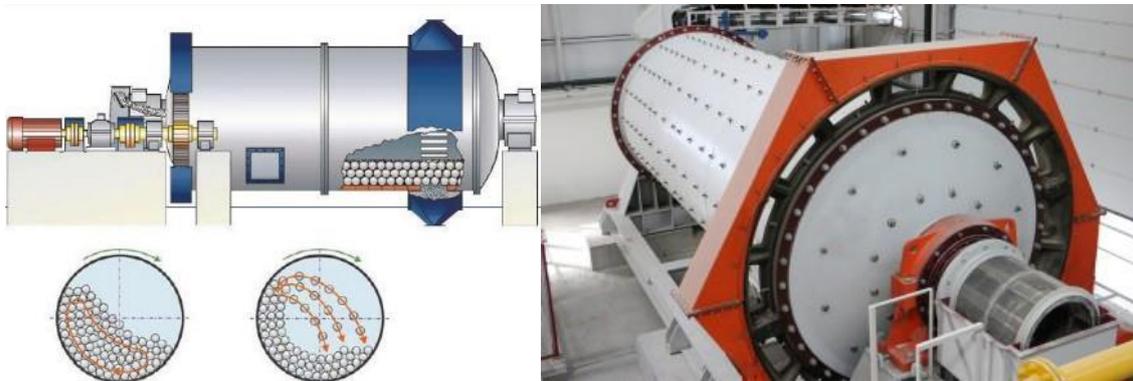


Figura 17. Izquierda: Ilustración del funcionamiento de un molino de volteo con detalle de cascada de bolas. Derecha: Molino de bolas para uso en molienda húmeda de arena. Fuente: Masa Group, www.masa-group.com.

Otros parámetros a tener en cuenta para seleccionar molinos de bolas son los siguientes:

Tipo de molienda

De acuerdo a cuál sea el tipo de material a moler, se pueden utilizar molinos de bolas en seco o para molienda húmeda. El primero se utiliza para moler la piedra caliza mientras que el segundo se emplea para moler arena.

La molienda en húmedo tiene la ventaja de obtener tamaños de partículas más pequeños (Perry, Green, & Maloney, 2001) cuando se trabaja con lechadas y la alimentación y productos pueden impulsarse por medio de bombas. Por otro lado, la aglomeración de partículas es un factor importante en la reducción de la eficiencia de la molienda en húmedo y puede tratarse con aditivos anti-aglomerantes. Este fenómeno es poco frecuente en la molienda en seco.

Medio de molienda

Su elección depende de las características del material a moler (resistencia a los esfuerzos, dureza) el desgaste del molino (si necesita o no recubrimiento especial de las paredes internas) y el desgaste natural de las bolas. Otro factor importante a tener en cuenta es el tamaño de las bolas, ya que tiene una relación directa con la finura que se logra en las partículas de producto y el tiempo de recambio de las mismas (semanas, meses, etc.).

Las bolas pueden ser fabricadas con metales, principalmente acero, que tiene buena resistencia al desgaste y es de bajo costo, pero puede contaminar los productos con hierro. También pueden fabricarse de diversos materiales cerámicos, como el vidrio, arenas especiales, alúmina o circonio

estabilizado por otros compuestos. Estos últimos presentan alta dureza, pero suelen ser muy caros y provocar mucho desgaste en el recubrimiento del molino.

La molienda se realiza en húmedo y sin agregado de aditivo anti aglomerante. Los medios de molienda son bolas de acero de 40 mm de diámetro.

4.2.1.1. Molino de rodillos

La reducción de tamaño se realiza mediante la aplicación de presión entre dos rodillos que giran en direcciones opuestas. Los materiales se alimentan a través de una tolva y se comprimen entre los rodillos para reducir su tamaño.

Hay diferentes tipos de molinos de rodillos, y su elección dependerá del material que se desea moler y de la aplicación específica. Algunos tipos comunes de molinos de rodillos incluyen:

- Molino de rodillos de alta presión (HPGR): se utiliza para moler minerales y materiales de construcción duros. Este tipo de molino tiene dos rodillos que giran a velocidades diferentes y comprimen el material entre ellos. El material molido se alimenta en un tamiz para separar las partículas finas de las gruesas.
- Molino de rodillos verticales: se utiliza para moler materiales como el cemento y la escoria de alto horno. Este tipo de molino tiene dos o más rodillos que giran en un plato de molienda. El material se alimenta en la parte superior del molino y se muele al pasar entre los rodillos y el plato.
- Molino de rodillos de mesa: se utiliza para moler materiales blandos a medios como la harina, el azúcar, la sal y las especias. Este tipo de molino tiene dos o más rodillos que giran en direcciones opuestas en una mesa horizontal. El material se alimenta en la parte superior del molino y se muele al pasar entre los rodillos y la mesa.

En general, los molinos de rodillos tienen varias ventajas sobre otros tipos de molinos, como la capacidad de producir un tamaño de partícula más uniforme, una menor generación de polvo y una menor necesidad de mantenimiento. Sin embargo, también son más costosos y requieren más energía para operar.

4.2.2. Etapa de mezclado

4.2.2.1. Tanques agitados

Consiste en un tanque, en este caso de fondo plano, en cuyo interior se encuentra un eje del que salen impulsores (o una hélice). Dicho eje rota gracias a un motor y con su movimiento rotatorio, se combinan y conjuntan sólidos y líquidos, logrando su homogenización. En el proceso de fabricación de ladrillos, son utilizados tanto para la preparación de la lechada, así como también de la mezcla de hormigón que será vertida en los moldes.

Tipos de impulsores

Los impulsores pueden ser de turbina, de hélice, de cinta helicoidal o tipo ancla. Los primeros dos se utilizan para líquidos poco viscosos ($<20 \text{ Pa}\cdot\text{s}$), mientras que los últimos se aplican en mezclas muy viscosas (como las lechadas) (McCabe, Smith, & Harriot, 2007).

El agitador tipo ancla es útil para situaciones en las que se desea rascar o favorecer el intercambio de calor en las paredes del recipiente. El agitador de cinta helicoidal es útil en situaciones en las que se quiere lograr una mezcla íntegra y mayor homogeneidad en el seno del fluido.

4.2.2.2. Mezcladores estáticos

Los mezcladores estáticos son dispositivos que obstruyen el paso de la corriente en una conducción y que fuerzan al fluido a adoptar trayectorias oblicuas al movimiento general del mismo, provocando la operación de mezcla. Son útiles para corrientes gaseosas y líquidas ya que implican una gran pérdida de carga y un aumento en la demanda de energía de impulsión. Con mezclas muy densas como las lechadas pueden generarse obstrucciones.

4.2.2.3. Lecho fluidizado

Un lecho fluidizado consiste en un recipiente cilíndrico o columna que contiene una masa de sólidos en su interior a través de la cual se insufla un gas por la parte inferior. A una cierta velocidad del gas, llamada velocidad mínima de fluidización, las partículas sólidas son suspendidas en la corriente gaseosa y el lecho adopta un comportamiento como si se tratase de un fluido.

Los lechos fluidizados pueden aplicarse en operaciones de mezclado, ya que ofrecen como ventaja una rápida transferencia de momento y energía entre las partículas del fluido y el sólido. Sin embargo, las suspensiones muy pesadas demandan mayor cantidad de energía por tramo de la columna para impulsar el gas y provocar la fluidización. También se introduce aire en la mezcla que luego necesita ser evacuado. Por último, la presencia de partículas de distintos tamaños puede provocar la estratificación del lecho, logrando la operación contraria al mezclado.

Para la etapa de mezclado se trabajará exclusivamente con tanques agitados, su diseño se verá más adelante.

4.2.3. Etapa de moldeado

Para esta etapa se selecciona el sistema de molde rotatorio con puente grúa eléctrico.

4.2.3.1. Molde con encastre tradicional

El moldeado tradicional consiste en la disposición en forma de grilla de una serie de paredes rectangulares sujetas con encastramientos, sobre el suelo o sobre un material no adherente, generalmente lona o plástico. La mezcla de hormigón se bombea desde un tanque y se distribuye de forma manual en cada molde con ayuda de una manguera hasta lograr el nivel de llenado deseado del recipiente. Como ventaja se nombra la posibilidad de obtener piezas in situ y su facilidad de operación. Como desventajas se cuentan los largos tiempos de preparación del molde sobre la superficie, el desencastre manual de las piezas y la suciedad general que se genera en la operación.

Figura 18 (izquierda). Trabajador realizando el moldeado tradicional. Fuente: Blotek Hormigón Celular, www.blotek.com.ar.

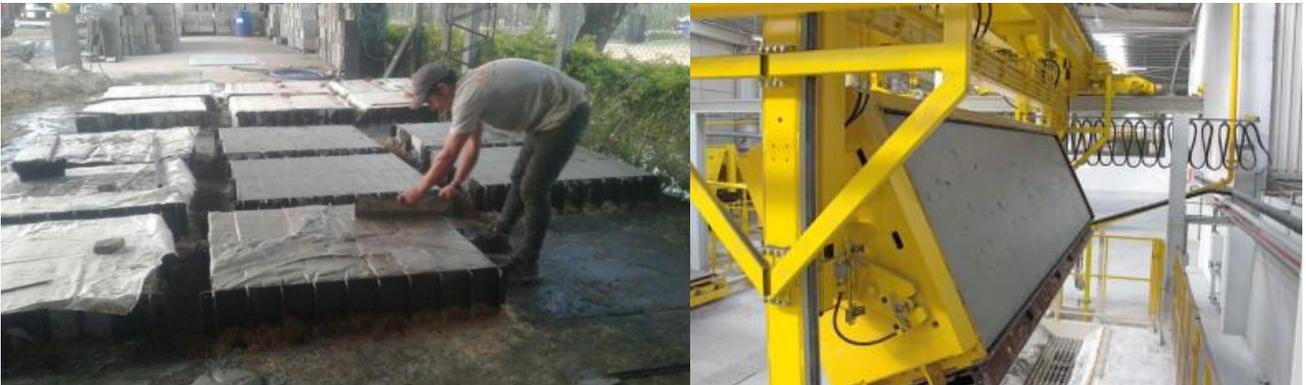


Figura 19 (derecha). Molde con aparejo basculante. Fuente: Masa Group, www.masa-group.com.

4.2.3.2. Molde rotatorio

El molde rotatorio consiste en una cuba ubicada sobre rieles cuyas paredes pueden ser desacopladas por medios mecánicos, esto permite acceder a la torta por todas sus caras. El molde es de forma prismática rectangular con abertura superior por donde se vierte el líquido. El molde se mueve sobre los rieles por medio de un mecanismo eléctrico y puede ser elevado del plano horizontal por medio de un puente grúa eléctrico que también está ubicada sobre rieles.

A medida que el molde atraviesa las distintas etapas del proceso, el molde también puede rotar por medio de un aparejo basculante para dejar al descubierto alguna u otra sección de la torta. La capacidad de rotar del molde permite la entrega de la torta de hormigón a la línea de corte.

4.2.4. Etapa de corte

Los cortes se realizan por medio del sistema de alambres.

4.2.4.1. Corte con disco

La operación de corte con disco se puede realizar únicamente con tortas curadas y endurecidas. Un disco de corte de carburo o metálico gira a altas velocidades y realiza incisiones sobre el material. Esta operación involucra un riesgo mayor a la alternativa de corte con alambres, ya que se requieren altas velocidades de rotación, aumentando la probabilidad de proyecciones de material, generación de chispas y accidentes. Es también una operación muy lenta y que requiere un gran aporte de energía para lograr el efecto deseado sobre el material endurecido.

4.2.4.2. Corte con alambres

El corte de las piezas se realiza con el pasaje de las tortas a través de una disposición transversal a las mismas de alambres con alturas graduadas. Esto define la altura de los ladrillos. Luego, se realizan los cortes de manera longitudinal a las tortas, estableciendo el ancho de los ladrillos. Por último, las tortas se rotan y se realizan una serie de cortes transversales que delimitan el largo de los bloques. Los alambres tienen la capacidad de aserrar las tortas con movimiento de vaivén.

4.2.5. Etapa de curado

El procedimiento de curado se realiza en autoclave industrial.

4.2.5.1. Fraguado tradicional

El fraguado tradicional consiste en dejar endurecer la mezcla de hormigón sin ningún tipo de aporte externo de calor. La mezcla puede rociarse con agua para establecer condiciones óptimas de curado. Por convención entre distintos tipos de hormigón, el proceso demora 28 días hasta que el material está listo para ser utilizado (puede durar más o menos dependiendo de las condiciones particulares).

4.2.5.2. Curado en autoclave

El curado de las tortas de hormigón se realiza en autoclaves industriales. El curado en autoclave se realiza para incrementar la velocidad de las reacciones que endurecen el material. El mismo consiste en un recipiente cilíndrico horizontal cerrado herméticamente, con aberturas tipo compuerta por los extremos y con rieles en la parte inferior para poder introducir los moldes.

Los recipientes operan a presión positiva y deben ser diseñados para soportar tales esfuerzos, según normas ASME. Las paredes del autoclave son de material metálico, generalmente acero, y pueden tener recubrimiento aislante. Las compuertas son de accionamiento rápido. Este tipo de cierre permite un acceso sustancialmente más rápido al volumen del AC de lo que cabría esperar con una conexión de brida con pernos y puede automatizarse su operación. El sellado de las puertas se realiza por medio de una junta tórica siliconada. Los diseños generalmente incluyen control de temperatura y presión, sistema de remoción de condensado y válvulas de seguridad. Las compuertas pueden ser de accionamiento manual o mecánico.



Figura 20. Disposición de 6 autoclaves industriales con aplicación en hormigón celular. Se observa el interior de uno de ellos a través de abertura tipo compuerta conteniendo torta de bloques. Fuente: WKB Systems GmbH, www.wkb-systems.com.

Las tortas de hormigón ingresan de forma axial al recinto, el recipiente se sella e inicia el ciclo de tratamiento. La primera parte del ciclo consiste en evacuar el aire. Esto se realiza por medio de una bomba de vacío o por desplazamiento con vapor de agua. Luego se inyecta vapor saturado a una presión mayor a la atmosférica normal, logrando temperaturas de hasta 192°C. El ciclo de tratamiento lleva de 10 a 14 horas.

4.2.5.3. Curado por secado

El curado también puede realizarse por secado en un horno o con inyección de aire caliente. No es recomendable ya que provoca piezas resquebradizas y que no cumplen los criterios de resistencia a los esfuerzos. Tiene una aplicación limitada a piezas cerámicas, generalmente no se lo utiliza para la fabricación de piezas de hormigón.

4.2.6. Criterios utilizados para la elección de la tecnología

Los criterios generales que se tuvieron en cuenta para la elección de cada tecnología son:

- Efectividad de la tecnología adoptada. Eficacia de la operación para lograr corrientes que cumplan con los requerimientos del proceso. Eficiencia energética del proceso para la capacidad requerida. Minimización de tiempos y costos de operación.
- Sustentabilidad del proceso. Requerimientos adicionales de materia prima, insumos o aditivos. Minimización de efluentes por tratar. Requisitos de mantenimiento.
- La cantidad de información disponible. La priorización de tecnologías tradicionales por sobre tecnologías novedosas cuando los cambios introducidos por las últimas no tienen un impacto significativo en el rendimiento del proceso.
- Seguridad de la operación.
- Posibilidad de escalamiento futuro.

La elección de otras tecnologías no mencionadas, como las que involucran el transporte de sólidos, se basa en gran medida en el know-how y en la disponibilidad de maquinaria. No se diferencia enormemente con otras industrias similares instaladas en el país. El proceso ha sido estudiado y replicado en múltiples lugares del mundo con relativo éxito.

4.2.7. Causas y consecuencias de esta elección

Como causas de esta elección se tiene en cuenta la necesidad de modularización de los bloques de construcción, el potencial valor agregado al material de consumo, cuyo análisis se explorará en el capítulo de Resultados, y el abastecimiento a un mercado que demanda mayor incorporación de tecnología.

La consecuencia principal es el traslado de un tipo de producción tradicional muchas veces itinerante, en cada nueva obra de construcción, hacia un establecimiento único ubicado en un entorno industrial, evidenciado por la localización del proyecto.

Como consecuencia directa de las tecnologías adoptadas se nombran:

- La construcción de una nave industrial y depósitos para el resguardo de materiales y equipos.
- La respuesta a la demanda de energía eléctrica para todas las etapas del proceso y a la demanda de servicios auxiliares de agua y vapor, en especial en las etapas de molienda, mezcla y curado.
- La necesidad de cubrir puestos de control y supervisión de la operación. Incorporación de mano de obra cualificada.
- El diseño y construcción de equipos acorde a normas de certificación y seguridad, en particular las que atañen a los recipientes sometidos a presión.
- La adquisición de equipos y materiales a precios competitivos. La necesidad de explorar distintos mercados y la posibilidad de importación de maquinaria.

En términos generales, la mayor diferencia del proceso seleccionado con el medio industrial existente en el país es la incorporación de curado en autoclave. Este es un método considerablemente nuevo en comparación a los métodos tradicionales de producción ladrillos de hormigón o cerámicos convencionales que utilizan el fraguado tradicional.

4.3. Programa de producción, en forma anual para todo el período de análisis

Como se vio en el capítulo de mercado, se proyecta una producción incremental para todo el periodo analizado. Los valores de referencia se muestran a continuación. El año 0 consiste en el tiempo dedicado a la erección e instalación de la planta.

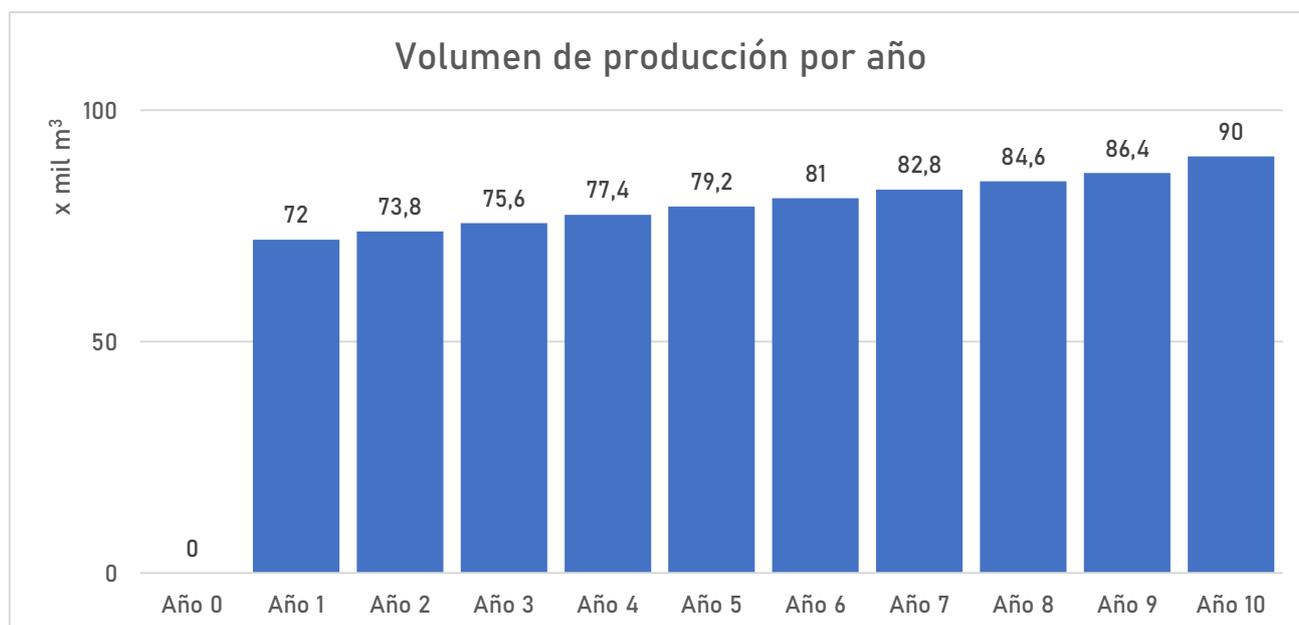


Figura 21. Evolución de la producción en miles de m³ de HCCA durante el periodo de análisis. Fuente: Elaboración propia.

La producción se realizará de manera ininterrumpida en esquema de 11 meses de operación continua y 1 mes de mantenimiento con interrupción de las operaciones en temporada estival. La distribución de los tiempos, en meses desde el año 0, se observa en el siguiente diagrama.

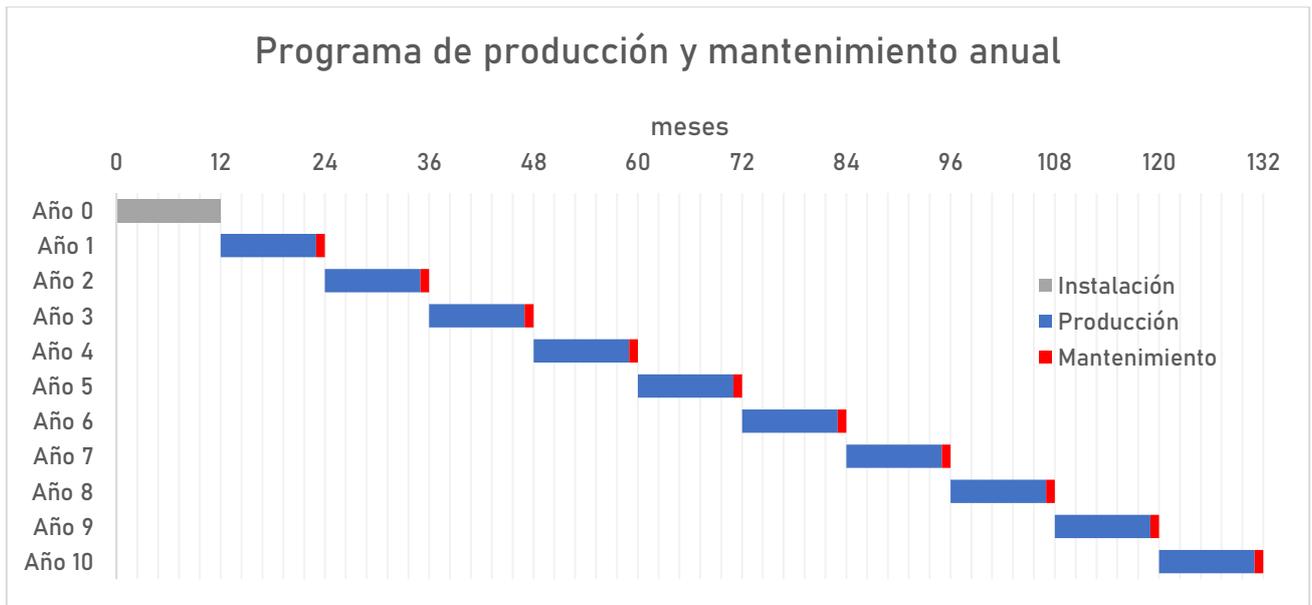


Figura 22. Diagrama de Gantt del programa de producción y mantenimiento anualizado. Fuente: Elaboración propia.

La planta estará parada los siguientes días por adhesión a feriado:

- 1 de mayo, día del trabajador.
- 21 de agosto, día del trabajador ladrillero.

4.4. Balances de masa y diagrama de bloques

El diagrama de bloques del proceso con información de las etapas y corrientes se presenta a continuación:

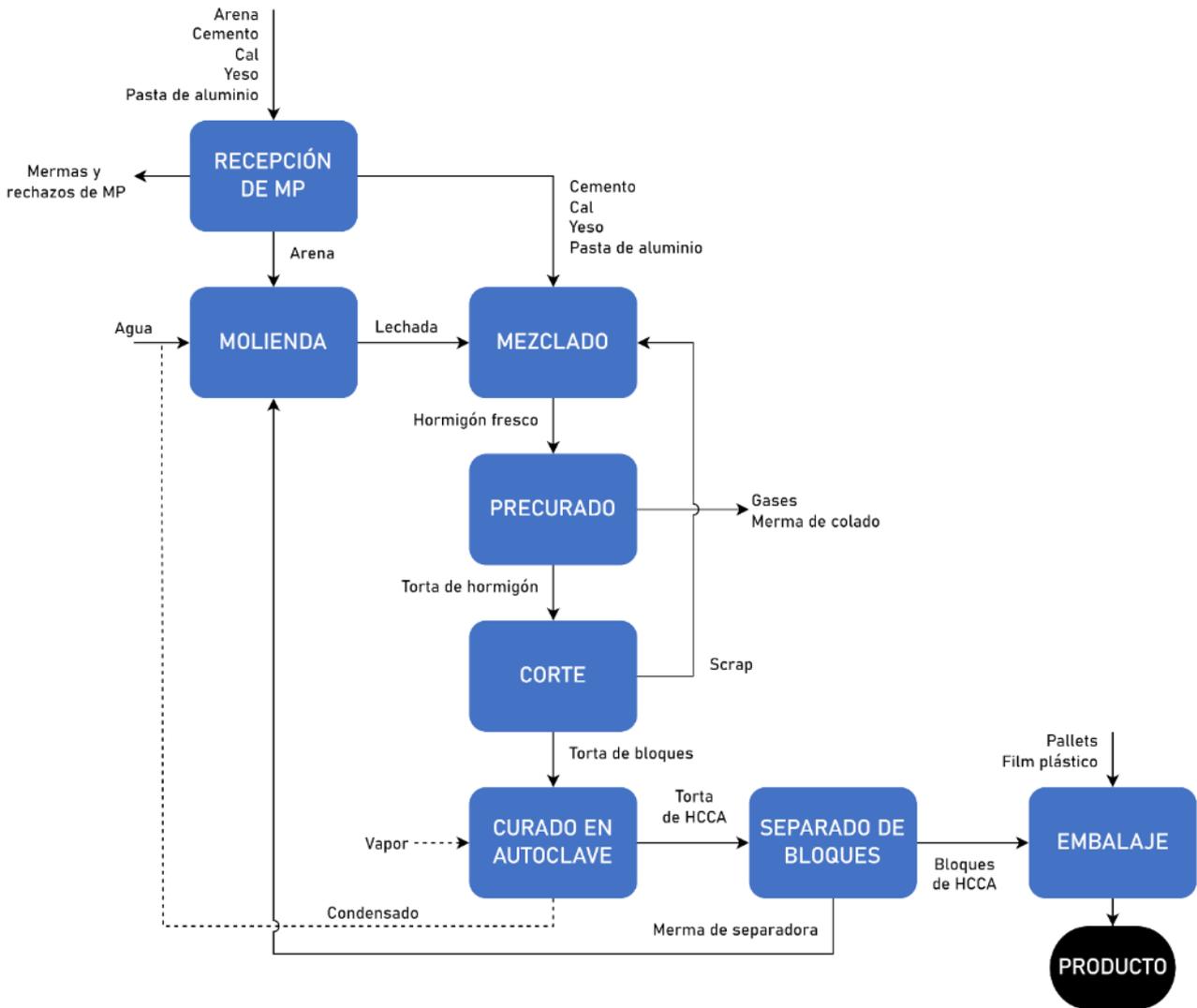


Figura 23. Diagrama de bloques del proceso de producción de HCCA. Fuente: Elaboración propia.

La planta se proyecta con una capacidad nominal de 90.000 metros cúbicos anuales a la que le corresponde el 100% de eficiencia y que equivale a $\frac{90.000 \text{ m}^3}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{333 \text{ días de marcha}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = \frac{11,26 \text{ m}^3}{\text{hora}}$ de capacidad en términos nominales.

Los balances de masa obtenidos se realizaron de manera retro ingenieril; es decir, en sentido corriente arriba del proceso, y utilizando como base de cálculo los 11,26 m³/hora de ladrillo terminado. Empero, los resultados se exponen corriente abajo.

4.4.1.1. Recepción

Para la recepción se adoptaron porcentajes de mermas diferidas (ver Figura 24) según el costo unitario y las condiciones de envío de cada MP, asignando entonces a la arena el mayor valor (2%) y a la pasta de aluminio el menor desperdicio (0,5%). Las mermas incluyen las pérdidas en el transporte, la descarga y los rechazos de material no apto.

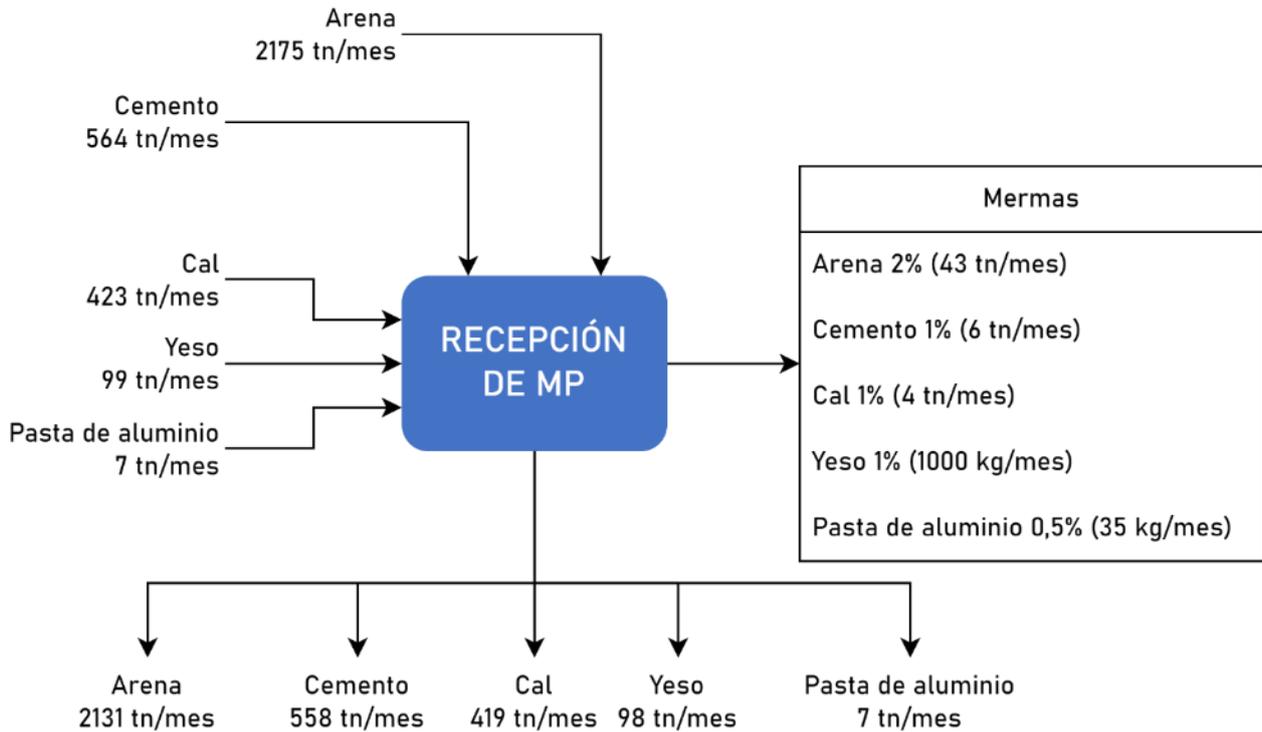


Figura 24. Diagrama de bloques de la etapa de recepción. Fuente: Elaboración propia.

El balance de masa global de la etapa está dado por:

$$[\text{Ingreso MP}] = [\text{Salida MP}] + [\text{Merzas MP}]$$

El balance por componente está dado por:

$$[\text{Ingreso de Arena}] = [\text{Salida de Arena}] + [\text{Merza de Arena}] = 2175 \frac{\text{tn}}{\text{mes}}$$

$$[\text{Merza de Arena}] = 0,02 \times [\text{Ingreso de Arena}] = 43 \frac{\text{tn}}{\text{mes}}$$

$$[\text{Salida de Arena}] = (1 - 0,02) \times [\text{Ingreso de Arena}] = 2131 \frac{\text{tn}}{\text{mes}}$$

De la misma manera se repite el cálculo para el resto de MP.

Teniendo en cuenta un volumen de camionada promedio de 7 m³, se obtuvo la concurrencia de camiones a planta para la entrega de las MP.

Insumo	Arena	Cemento	Cal	Yeso	Pasta de aluminio	Total
Ingreso semanal de camiones	43	11	13	3	0,2	69

A continuación, se expresan también los flujos de las corrientes de salida en unidades de kg/h que se utilizaran para el resto de las etapas.

Etapa	MP/Insumo	Unidad	Entrada	Merma	Salida
Recepción	Arena	kg/h	2979	60	2919
	Cemento	kg/h	772	8	765
	Cal	kg/h	579	6	573
	Yeso	kg/h	135	1	134
	Pasta de aluminio	kg/h	9,61	0,05	9,56

4.4.1.2.Molienda

En la etapa de molienda la arena y la corriente de reciclaje de la merma de la separadora se mezclan con el agua. Se tiene en cuenta una humedad del 2% de la arena que ingresa al molino. No existen mermas en esta etapa. El balance para el agua es como sigue.

$$\begin{aligned}
 [\text{Caudal de agua en lechada}] &= [\text{Caudal de ingreso de agua}] + [\text{Agua en arena de entrada}] \\
 &= 1535 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 2\% \times 2919 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 1593 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \text{ ó } 1,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}
 \end{aligned}$$

La concentración volumétrica a la salida está dada por la razón entre el caudal volumétrico de sólidos y el caudal total.

$$c = \frac{Q_s}{Q_s + Q_l} = \frac{\frac{\dot{m}_{\text{arena}}}{\rho_{\text{arena}}}}{\frac{\dot{m}_{\text{arena}}}{\rho_{\text{arena}}} + \frac{\dot{m}_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}}} = \frac{1,1 \text{ m}^3 \text{ sólidos}}{2,67 \text{ m}^3 \text{ totales}} = 0,41$$

Entonces se obtiene una concentración volumétrica de sólidos en la lechada de 0,41 y una concentración másica de 0,65. La densidad de lechada se obtiene a partir de la siguiente relación.

$$\rho_{\text{lechada}} = \rho_{\text{sólidos}} \times c + \rho_{\text{agua}} \times (1 - c) = 2650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,41 + 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1 - 0,41) = 1675 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

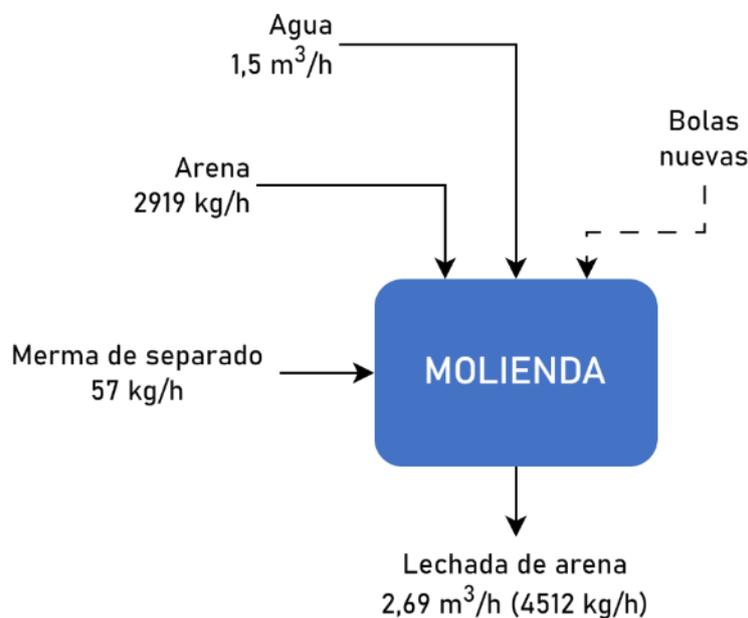


Figura 25. Diagrama de bloques de la etapa de molienda. Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.3.Mezclado

El dosaje se realiza según la siguiente tabla de proporciones, para una densidad de diseño del material de 500 kg/m³. No existen mermas en esta operación.

Material	Arena	Cemento	Cal	Yeso
kg/m ³ bloque	229	60	45	11

Se tiene en cuenta una densidad de hormigón de colado de 1675 kg/m³. La lechada de arena se bombea desde los tanques de suspensión y los sólidos se dosifican desde los silos. El scrap proveniente de la etapa de corte se recircula a una razón de 378 kg/h.

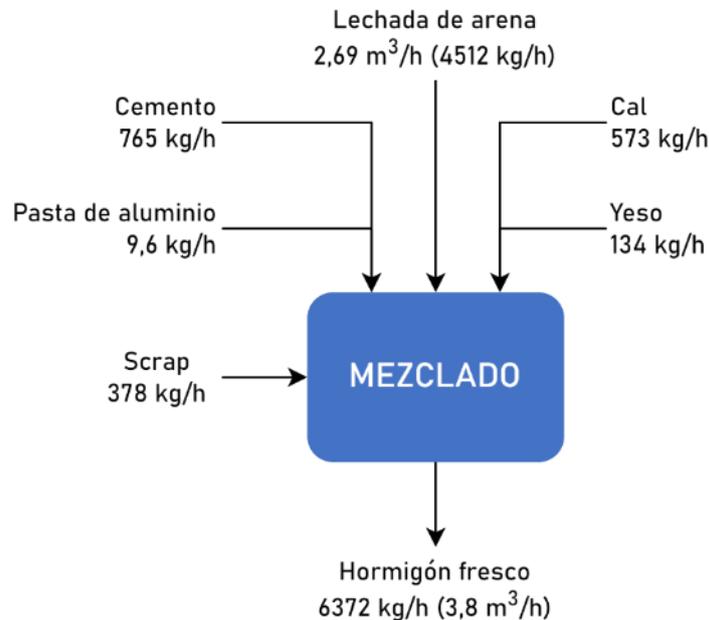


Figura 26. Diagrama de bloques de la etapa de mezclado. Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.4. Precurado en molde

En el colado de la mezcla al molde existe una merma del 1% debido al cebado y purgado del sistema de dosificación y a los volcamientos inherentes al trasvase.

$$[\text{Hormigón fresco}] = [\text{Torta de hormigón fresca}] + [\text{Merma de colado}] + [\text{Merma de gases}]$$

El caudal másico de la merma de gases es insignificante en comparación a las otras corrientes, por lo que en una primera aproximación se tiene:

$$[\text{Merma de colado}] = 0,01 \times [\text{Hormigón fresco}] = 0,01 \times 6371 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 64 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\begin{aligned} [\text{Torta de hormigón fresca}] &= [\text{Hormigón fresco}] - [\text{Merma de colado}] = 6371 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - 64 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \\ &= 6307 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Los moldes se diseñan para un incremento de 3,38 veces el volumen del hormigón. La densidad se ve disminuida en igual cantidad, desde 1675 kg/m³ a 495 kg/m³ por elevación de la torta debido a la formación de gas. El volumen generado proviene exclusivamente de la reacción de la pasta de aluminio.

$$\begin{aligned} [\text{Incremento de volumen necesario}] &= [\text{Caudal volumétrico de la torta}] - [\text{Caudal volumétrico de mezcla}] - [\text{Pérdidas}] \\ &= \frac{6307 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{\rho_{\text{Torta fresca}}} - \frac{6371 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{\rho_{\text{Hormigón}}} - \frac{64 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{\rho_{\text{Hormigón}}} = 8,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \end{aligned}$$

Para lograr ese incremento de volumen se considera la existencia de una merma del 2% de los gases, que escapan de la torta sin ser retenidos. Este efecto produce un requerimiento mayor del insumo para lograr el efecto deseado.

$$[\text{Caudal de generación de gas}] = [\text{Incremento de volumen necesario}] + [\text{Merma de gases}]$$

$$[\text{Caudal de generación de gas}] = \frac{[\text{Incremento de volumen necesario}]}{100\% - 2\%} = 9,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para obtener la cantidad de pasta necesaria se obtuvo la masa de hidrógeno a partir de las relaciones molares de la reacción de la pasta y la ley de gases ideales como sigue, teniendo en cuenta un 70% de sólidos en la pasta, un 95% de aluminio activo y una temperatura promedio de 40°C. Se considera que se da el tiempo necesario para llevar las reacciones a completitud.

$$(\dot{m}_{\text{H}_2}) = \frac{\dot{V}_{pM}}{RT} = \frac{9,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 101,325 \text{ kPa} \times 2,02 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}} \times 313,15 \text{ K}} = 0,71 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\begin{aligned} & [\text{Requerimientos de pasta de aluminio}] \\ &= 0,71 \frac{\text{kg H}_2}{\text{h}} \times \frac{\text{kmol H}_2}{2,02 \text{ kg H}_2} \times \frac{2 \text{ kmol Al}}{3 \text{ kmol H}_2} \times \frac{26,98 \text{ kg Al}}{\text{kmol Al}} \times \frac{100 \text{ kg sólidos}}{95 \text{ kg Al}} \\ & \times \frac{100 \text{ kg pasta}}{70 \text{ kg sólidos}} = 9,6 \frac{\text{kg pasta}}{\text{h}} \end{aligned}$$

A través del cálculo iterativo se logra compensar el caudal másico de la merma de gases que abandona el sistema en el balance másico global del principio.

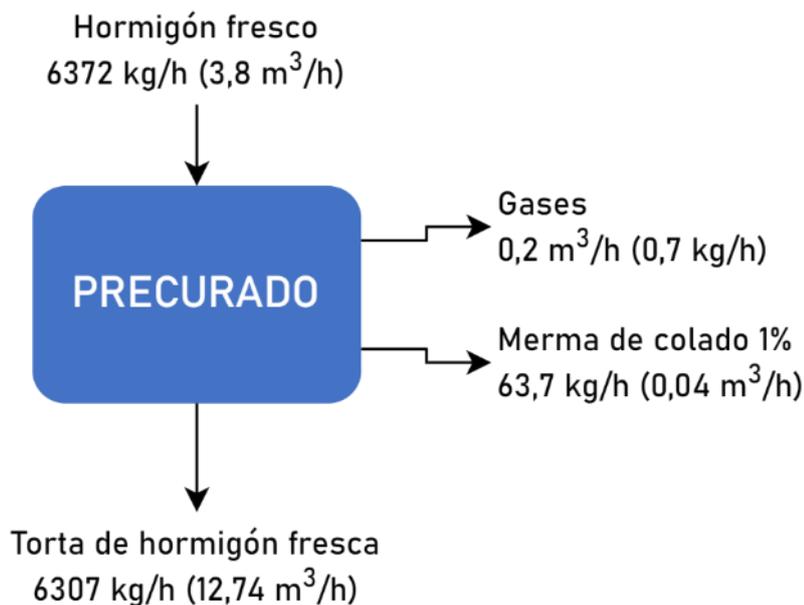


Figura 27. Diagrama de bloques de la etapa de precurado. Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.5.Corte

Se considera un scrap de recorte de la torta fresca del 6%. La razón radica en la geometría de los bloques. Las piezas son prismas rectangulares de 6 caras y se considera que se extrae aproximadamente un 1% por cara con el objetivo de cumplir con las especificaciones de tamaño y obtener superficies limpias. Esta corriente se recircula hasta la etapa de mezclado donde ingresa con el resto de las materias primas.

$$[Torta\ de\ hormigón\ fresca] = [Scrap] + [Torta\ de\ bloques\ fresca]$$

$$[Scrap] = 0,06 \times [Torta\ de\ hormigón\ fresca] = 0,06 \times 6307 \frac{kg}{h} = 378 \frac{kg}{h}$$

$$[Torta\ de\ bloques\ fresca] = [Torta\ de\ hormigón\ fresca] - [Scrap] = 6307 \frac{kg}{h} - 378 \frac{kg}{h} = 5929 \frac{kg}{h}$$

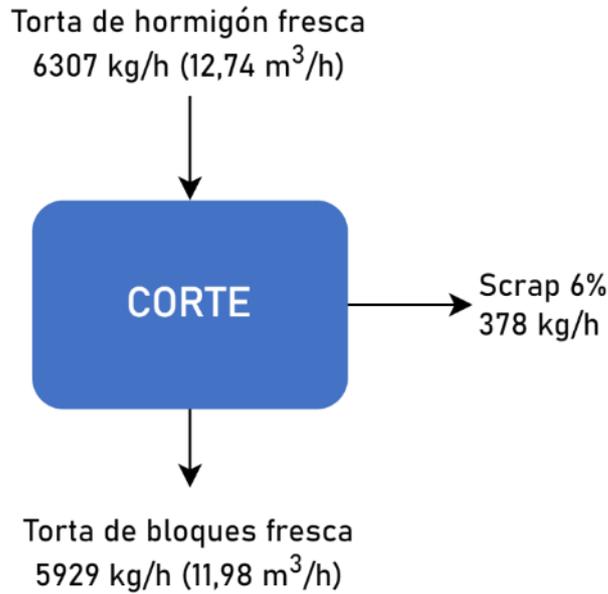


Figura 28. Diagrama de bloques de la etapa de corte. Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.6. Curado en autoclave

La torta ingresa con una humedad del 6% y abandona el autoclave con una humedad del 2%. Teniendo en cuenta el balance de sólidos:

$$0,94 \times [Torta\ de\ bloques\ fresca] = 0,98 \times [Torta\ de\ HCCA]$$

$$[Torta\ de\ HCCA] = \frac{0,94}{0,98} \times 5929 \frac{kg}{h} = 5687 \frac{kg}{h}$$

Efectuando un balance por componentes para el agua se tiene:

$$0,06 \times [Torta\ de\ bloques\ fresca] = 0,02 \times [Torta\ de\ HCCA] + [Agua]$$

$$[Agua] = 0,06 \times 5929 \frac{kg}{h} - 0,02 \times 5687 \frac{kg}{h} = 242 \frac{kg}{h}$$

El cálculo de la cantidad de vapor necesaria y el caudal de condensado se verá más adelante. El agua evacuada es arrastrada con el condensado a razón de 0,25 m³/h.

Se tiene en cuenta una contracción del material del 1% en el proceso de curado. La densidad es incrementada, adoptando la densidad de diseño de 500 kg/m³. No existen mermas de material en esta etapa.

$$\rho_{Torta\ fresca} = \frac{5929 \frac{kg}{h}}{11,49 \frac{m^3}{h}} = 495 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{HCCA} = \frac{5687 \frac{kg}{h}}{11,37 \frac{m^3}{h}} = 500 \frac{kg}{m^3}$$

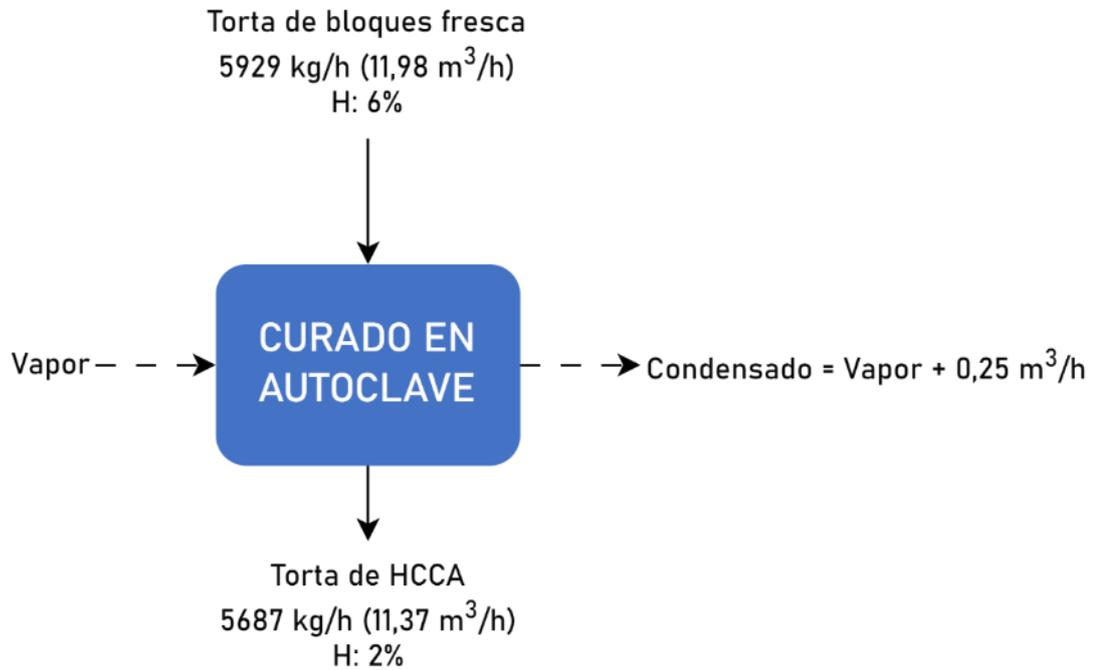


Figura 29. Diagrama de bloques de la etapa de curado. Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.7. Separado

Se considera una merma de hormigón curado del 1%, consistente en los fragmentos sólidos que pueden desprenderse al separar los bloques en la máquina separadora. Esta merma se recircula hasta el molino de bolas, donde ingresa en la corriente de material a moler. El balance está dado por lo siguiente.

$$[Torta\ de\ HCCA] = [Merma\ de\ bloques] + [Bloques\ de\ HCCA] = 11,37 \frac{m^3}{h}$$

$$[Bloques\ de\ HCCA] = [Torta\ de\ HCCA] \times (1 - 0,01) = 11,26 \frac{m^3}{h}$$

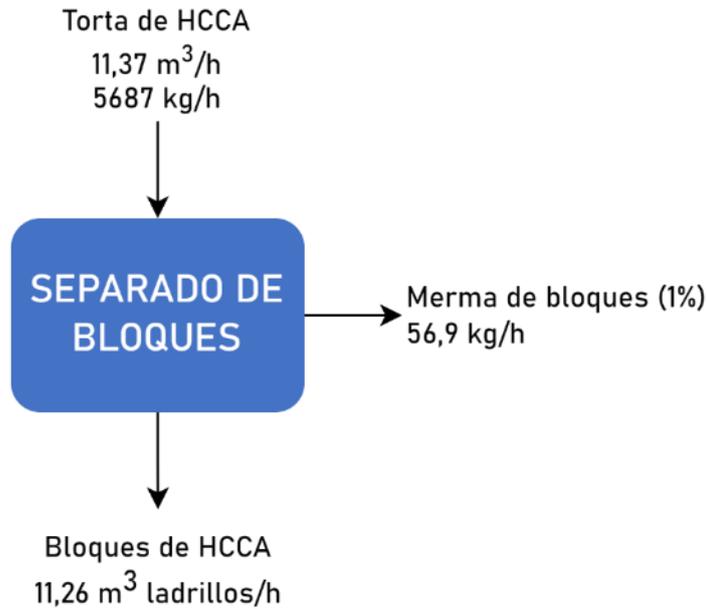


Figura 30. Diagrama de bloques de la etapa de separado. Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.8. Embalaje

En esta etapa se considera una merma de pallets del 1% y una merma de film plástico del 5% debido al rechazo de material no apto y a pérdidas por maquinabilidad de los insumos. No hay merma de bloques.

El cálculo de la cantidad de pallets a utilizar se realiza como sigue, teniendo en cuenta un volumen apilado de 64 bloques sobre pallet con base de 1x1,2 m.

$$[\text{Volumen de bloque individual}] = 0,6m \times 0,15m \times 0,25m = 0,0225m^3$$

$$[\text{Capacidad de bloques por pallet}] = 64 \frac{\text{bloques}}{\text{pallet}} \times \frac{0,0225m^3}{\text{bloque}} = \frac{1,44m^3}{\text{pallet}}$$

$$[\text{Cantidad necesaria de pallets}] = \frac{11,26 m^3}{h} \times \frac{1\text{pallet}}{1,44m^3} = 7,8 \frac{\text{pallets}}{h}$$

La razón de utilización de film plástico se obtiene como sigue, adoptando una altura de film plástico de 1,5 m.

$$[\text{Área lateral a cubrir por pallet}] = 1m \times 1,2m \times 2 + 1,2m \times 1,2m \times 2 = 5,3 \frac{m^2}{\text{pallet}}$$

$$[\text{Cantidad necesaria de film}] = 5,3 \frac{m^2}{\text{pallet}} \times 7,8 \frac{\text{pallets}}{h} \div 1,5 m = 27,5 \frac{m}{h}$$

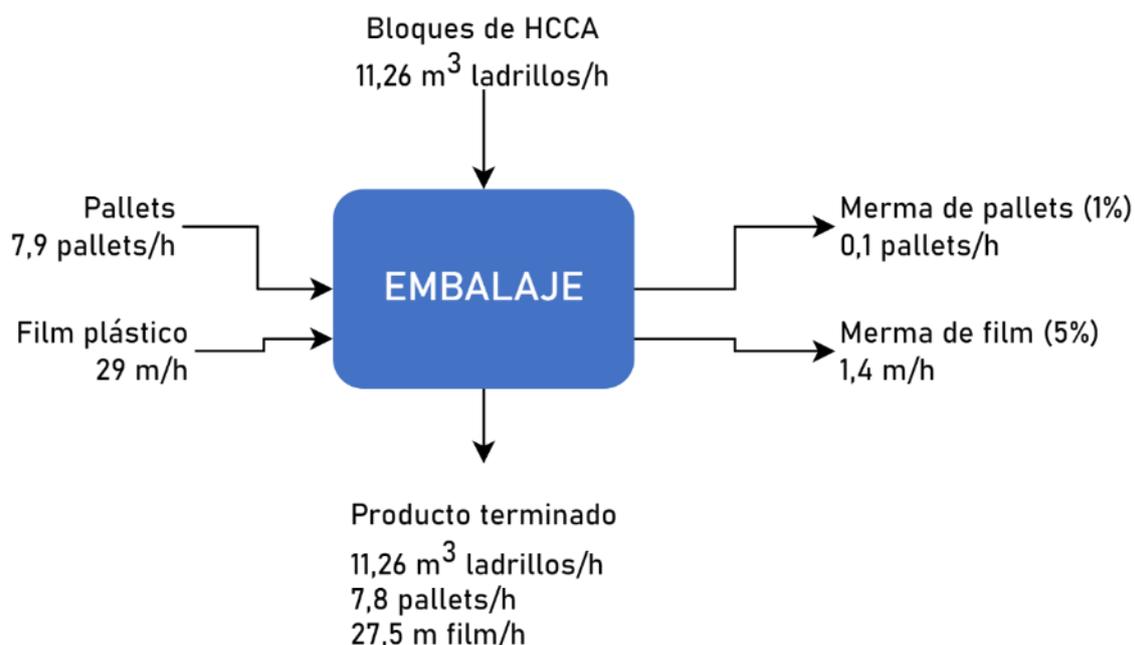


Figura 31. Diagrama de bloques de la etapa de embalaje. Fuente: Elaboración propia.

4.5. Cuadro de evolución

Para la elaboración del cuadro de evolución de acuerdo con el programa se tuvo en cuenta lo siguiente:

- La producción de bloques es del 80% del total proyectado.
- La producción de tabiques es del 20% del total proyectado.
- En el año 0 se realiza una compra del 10% de la MP e insumos proyectada para el año 1 para pruebas y arranque. El stock en activos incrementa gradualmente durante todo el período de análisis.
- No se produce nada en el año 0.

Detalle	Un.	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ventas												
Total ventas	m³	0	64800	73620	75420	77220	79020	80820	82620	84420	86220	89640
Ventas de bloques	m³	0	51840	58896	60336	61776	63216	64656	66096	67536	68976	71712
Ventas de tabiques	m³	0	12960	14724	15084	15444	15804	16164	16524	16884	17244	17928
Stock												
Total stock inicial	m³	0	7200	7380	7560	7740	7920	8100	8280	8460	8640	9000
Stock bloques	m³	0	5760	5904	6048	6192	6336	6480	6624	6768	6912	7200
Stock tabiques	m³	0	1440	1476	1512	1548	1584	1620	1656	1692	1728	1800
Producción proyectada												
Total (P. 11+1)	m³	0	72000	73800	75600	77400	79200	81000	82800	84600	86400	90000
Bloques	m³	0	57600	59040	60480	61920	63360	64800	66240	67680	69120	72000
Tabiques	m³	0	14400	14760	15120	15480	15840	16200	16560	16920	17280	18000
Consumos MP e Insumos												
Arena	tn	0	19047	19523	20000	20476	20952	21428	21904	22380	22857	23809
Cemento	tn	0	4938	5061	5185	5308	5432	5555	5679	5802	5926	6172

Detalle	Un.	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Cal	tn	0	3703	3796	3889	3981	4074	4166	4259	4352	4444	4629
Yeso	tn	0	865	887	908	930	952	973	995	1016	1038	1081
Pasta de aluminio	tn	0	61	63	65	66	68	69	71	72	74	77
Total consumos MP	tn	0	28615	29331	30046	30761	31477	32192	32907	33623	34338	35769
Bolas de acero	kg	0	42629	43694	44760	45826	46892	47957	49023	50089	51155	53286
Pallets de madera	un	0	50515	51778	53041	54304	55567	56829	58092	59355	60618	63144
Film plástico	m	0	185435	190071	194707	199343	203979	208615	213250	217886	222522	231794
Stock MP e Insumos												
Arena	tn	1905	1905	1952	2000	2048	2095	2143	2190	2238	2286	2381
Cemento	tn	494	494	506	518	531	543	556	568	580	593	617
Cal	tn	370	370	380	389	398	407	417	426	435	444	463
Yeso	tn	87	87	89	91	93	95	97	99	102	104	108
Pasta de aluminio	tn	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	8
Total consumos MP	tn	2862	2862	2933	3005	3076	3148	3219	3291	3362	3434	3577
Bolas de acero	kg	4263	4263	4369	4476	4583	4689	4796	4902	5009	5115	5329
Pallets de madera	un	5052	5052	5178	5304	5430	5557	5683	5809	5936	6062	6314
Film plástico	m	18544	18544	19007	19471	19934	20398	20861	21325	21789	22252	23179
Compras MP e Insumos												
Arena	tn	1905	19047	19571	20047	20523	21000	21476	21952	22428	22904	23904
Cemento	tn	494	4938	5074	5197	5321	5444	5568	5691	5814	5938	6197
Cal	tn	370	3703	3805	3898	3990	4083	4176	4268	4361	4453	4648
Yeso	tn	87	865	889	910	932	954	975	997	1019	1040	1086
Pasta de aluminio	tn	6	61	63	65	66	68	69	71	72	74	77
Total consumos MP	tn	2862	28615	29402	30117	30833	31548	32264	32979	33694	34410	35912
Bolas de acero	kg	4263	42629	43801	44867	45933	46998	48064	49130	50195	51261	53499
Pallets de madera	un	5052	50515	51904	53167	54430	55693	56956	58219	59482	60744	63396
Film plástico	m	18544	185435	190535	195171	199806	204442	209078	213714	218350	222986	232721
Mermas y desperdicios												
Mermas y desperdicios	tn	0	476	488	500	512	524	536	548	560	572	595

Tabla 19. Cuadro de evolución de volumen y stock de producción y compras y stock de materias primas. Fuente: Elaboración propia.

4.6. Capacidad real de producción

La producción se realiza en turnos de 45 horas semanales con inicio los días lunes y finalización los días sábados. La producción se realiza en esquema de 3 turnos por semana, esperando un incremento de la eficiencia desde un 54% en el año 1 hasta un máximo de 87% con respecto a la nominal en el año 10. El total disponible para producir es de 6396 horas anuales. A partir del año 10 se puede evaluar la expansión a través de operación ininterrumpida con 4 turnos semanales rotativos.

Se prevé una operación de forma semanal y continua por lo que se presenta el Gantt de inicio de producción, desde el arranque hasta que salen los primeros bloques y el sistema entra en régimen. Debido a la naturaleza de la operación por lotes de las etapas de precurado y de curado en autoclave se presentan los resultados teniendo en cuenta una base de cálculo de 5 m³ de producto procesado.

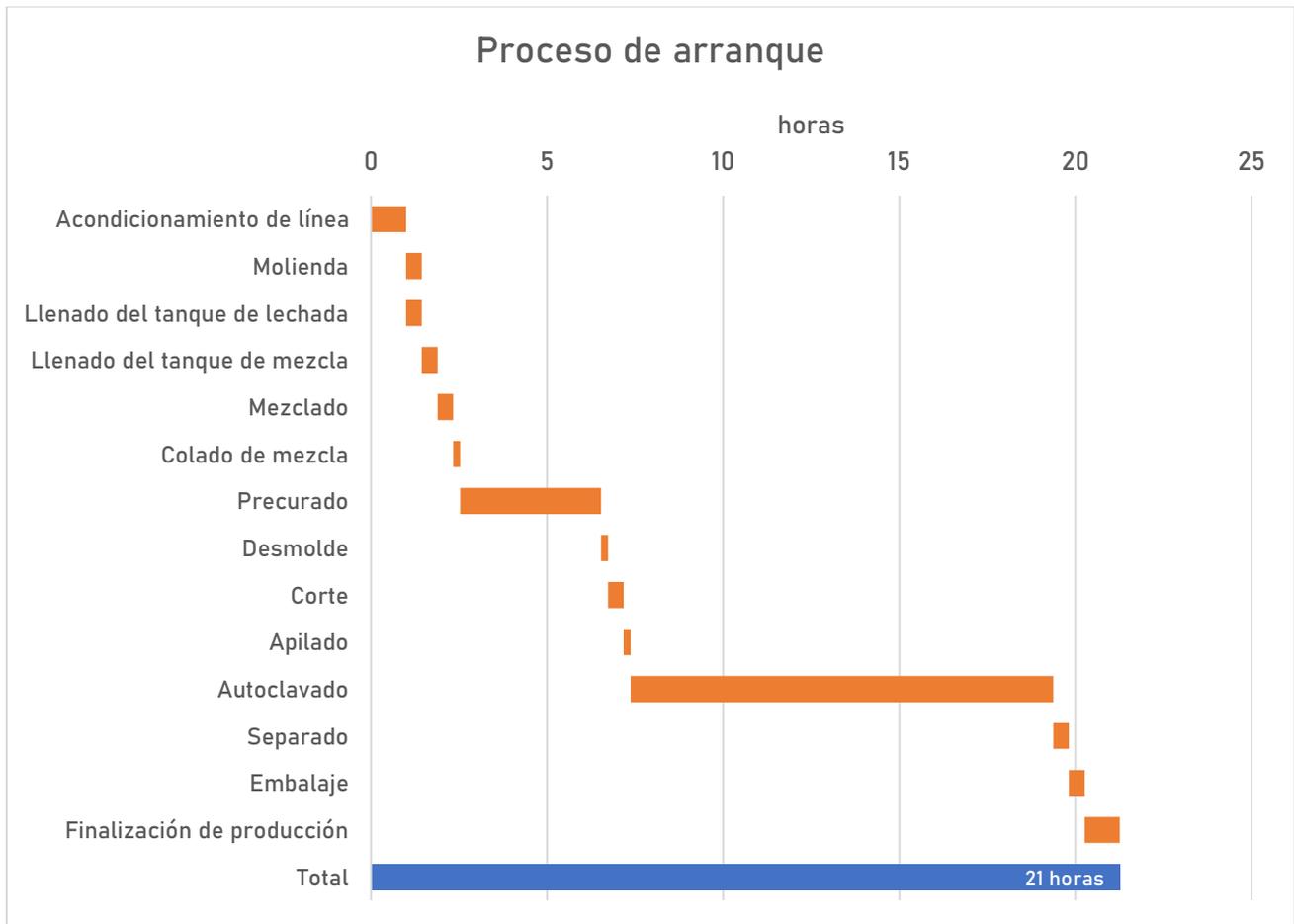


Figura 32. Diagrama de Gantt del proceso de arranque. Fuente: Elaboración propia.

Este periodo de inducción de 21 horas se resta de las horas de producción disponibles, ya que no se obtiene producto listo durante esta fase. Este tiempo no se busca eliminar ya que se aprovechará para ejecutar actividades de mantenimiento semanal y pruebas. El número de horas anuales disponibles para la producción resultantes es de 5389.

$$\begin{aligned} \text{Horas disponibles para producir} \\ &= \left(\frac{\text{Horas}}{\text{Turno}} \times \frac{\text{Turnos}}{\text{Semana}} - \frac{\text{Horas de arranque}}{\text{semana}} \right) \times \frac{\text{Semanas productivas}}{\text{año}} = 5389 \text{ h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\text{Semanas productivas}}{\text{año}} \\ &= \left(52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} \right) - \left(4 \frac{\text{semanas de mantenimiento}}{\text{año}} \right) - \left(2 \frac{\text{feriados}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ días}} \right) = 47 \end{aligned}$$

Los resultados de la capacidad real de producción para todo el periodo de análisis se muestran en la tabla a continuación. La capacidad instalada seguirá siendo aquella que tiene en cuenta operación continua por 24 horas sin interrupciones, los 333 días de producción disponibles al año.

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Horas por turno	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Turnos por semana	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Semanas en el año	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Semanas de mantenimiento	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Feridos sin producción	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total semanas disponibles	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Inicio de producción semanal (h)	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Total disponibles para producir (h/año)	5389	5389	5389	5389	5389	5389	5389	5389	5389	5389
Meta de producción anual (m ³)	72000	73800	75600	77400	79200	81000	82800	84600	86400	90000
Capacidad (%)	80%	82%	84%	86%	88%	90%	92%	94%	96%	100%

Tabla 20. Cuadro de determinación de horas de trabajo disponibles y capacidad de producción. Fuente: Elaboración propia.

La etapa limitante de la producción es el curado en autoclave cuya duración es de 12 horas por lote que ingresa al mismo. El esquema de tratamiento es de llenado y encendido alternado entre los autoclaves, de manera de obtener un caudal de bloques a la salida lo más constante posible. El volumen nominal acumulado entre los autoclaves deberá ser entonces la velocidad nominal de curado por el tiempo de permanencia, a saber:

$$[\text{Volumen acumulado entre autoclaves}] = \frac{11,98 \text{ m}^3}{h} \times 12 \text{ horas} = 144 \text{ m}^3$$

El número de autoclaves necesarios se determinará en el diseño de equipos.

4.7. Cálculo, diseño y adopción de equipos principales

4.7.1. Molino de bolas

4.7.1.1. Selección y adopción de molino de bolas

Se selecciona el molino de bolas 1200x4500 del fabricante TEEYER. El equipo seleccionado consta de la sección de alimentación, la sección descarga, la carcasa giratoria, la parte de transmisión (caja reductora, motor y controlador electrónico). El eje de entrada está hecho de piezas de acero fundido. La pared interior del barril está incrustada con una placa de revestimiento anti-desgaste, lo que le da estabilidad y fiabilidad.

El molino de bolas seleccionado tiene la posibilidad de trabajar con arena y residuos, reduciendo su tamaño hasta la especificación de salida de 74 µm y con una capacidad de procesamiento de hasta 5,8 tn/h, siendo la requerida de 4,51 tn/h.

La entrada está equipada con válvula de control y caudalímetro para controlar el flujo de agua. La arena se pesa mediante la báscula de cinta, y la proporción de agua y arena se controla automáticamente mediante un PLC.

4.7.1.2. Criterios de selección

El equipo debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- La capacidad de producción del molino es 4,51 tn/h de lechada a partir de una alimentación de 2,98 tn/h de sólidos.
- El molino debe ser capaz de entregar la potencia requerida para el efecto de reducción deseado.
- El diámetro de partícula de la alimentación es de hasta 6 mm.
- El diámetro medio de partícula del producto es de 200 mallas (74 µm).

- La molienda es húmeda.
- El medio de molienda son bolas de acero.

4.7.1.3. Cálculo de potencia requerida

Según la ley de Bond, la potencia requerida por tonelada de alimentación de sólidos para lograr una reducción de tamaño desde un diámetro de partícula de alimentación (X_F) hasta uno de producto (X_P) en un molino es:

$$\frac{P}{\dot{m}} = 0,3162E_i \left(\frac{1}{\sqrt{X_P}} - \frac{1}{\sqrt{X_F}} \right)$$

El índice de trabajo para la arena en un molino de bolas operando en molienda húmeda es $E_i = 16,46$ (Perry, Green, & Maloney, 2001).

$$P = 2,98 \frac{tn}{h} 0,3162 \times 16,46 \frac{kWh}{tn} \left(\frac{1}{\sqrt{7,4 \times 10^{-2} mm}} - \frac{1}{\sqrt{6 mm}} \right) = 51 kW$$

En base a los criterios se elige el modelo 1200x4500 de la firma TEEYER.



Figura 33. Molino de bolas de la firma TEEYER, con detalle de la salida de producto. Fuente: Jiangsu Teeyer Intelligent Equipment Corp., Ltd., <https://www.teeyer-aacline.com/1-2-2-ball-mill/179618/>.

Fabricante	TEEYER (Jiangsu Teeyer Intelligent Equipment Corp., Ltd.)
Modelo	1200x4500
Capacidad	1,6-5,8 tn/h
Potencia	55 kW
Velocidad de rotación	32 rpm
Diámetro	1,2 m
Largo	4,5 m
Carga de bolas	7 tn
Peso	13,8 tn
Clasificador	Malla 200 Serie Tyler

Tabla 21. Especificaciones técnicas del molino de bolas seleccionado. Fuente: Elaboración propia en base a datos de proveedor TEEYER, <https://teeyer-aaline.com>.

4.7.2. Tanques de suspensión

4.7.2.1. Diseño de tanques de suspensión

Los tanques de suspensión consisten en recipientes metálicos cuyo objetivo es mantener la homogeneidad de la suspensión o lechada a través de la incorporación de un agitador vertical (impulsor, caja reductora, motor).

Los tanques se calculan para cumplir las especificaciones del proceso; es decir, el diseño presentado es capaz de mantener a las partículas sólidas en suspensión y albergar el volumen de material requerido para una carga del ciclo de precurado y curado.

Los tanques se construyen en chapa de acero al carbono SAE 1010 de 5 mm de espesor. La forma geométrica es de recipiente cilíndrico descubierto al ambiente con los fondos redondeados de forma levemente cónica. La alimentación al tanque se realiza por la parte superior, mientras que la descarga es por la parte inferior.

4.7.2.2. Determinación del número de tanques

Los requerimientos del proceso hacen necesarios dos tanques de suspensión de arena. Mientras uno de ellos se está cargando, el otro se está descargando o en estado de espera.

4.7.2.3. Cálculo del volumen del tanque y dimensiones principales

El volumen de los tanques de suspensión es capaz de albergar la lechada necesaria para una carga completa del autoclave. Del balance de masa y del diseño del autoclave se tiene que, para capacidad nominal, los requerimientos son:

$$\frac{48 \text{ m}^3 \text{ de torta}}{\text{carga autoclave}} \times \frac{2,69 \text{ m}^3 \text{ de lechada}}{h} \times \frac{h}{11,98 \text{ m}^3 \text{ de torta}} = \frac{10,8 \text{ m}^3}{\text{carga autoclave}}$$

El volumen del líquido en el tanque está dado por:

$$V_L = \pi \times \frac{D_t^2}{4} \times H = 10,8 \text{ m}^3$$

Donde D_t es el diámetro del tanque y H la altura del nivel de líquido. Por dimensionamiento estándar de tanques se tiene que $\frac{D_t}{H} = 1$. Entonces despejando para el diámetro:

$$D_t = \sqrt[3]{10,8 \text{ m}^3 \times \frac{4}{\pi}} = 2,4 \text{ m}$$

Se adopta una altura adicional para prevenir el desbordamiento del líquido multiplicando la altura del líquido por un factor de seguridad, obteniendo la altura del tanque igual a:

$$H' = 1,2 \times H = 2,9 \text{ m}$$

También se incorporan 4 deflectores cuyas dimensiones están dadas por:

$$\frac{j}{D_t} = \frac{1}{12} \rightarrow j = 0,2 \text{ m}$$

La distancia de los baffles al fondo es igual al semiespesor de los mismos: $\frac{j}{2} = 0,1 \text{ m}$.

4.7.2.4. Selección del agitador, velocidad crítica y consumo de potencia

El agitador es de tipo turbina de 3 palas inclinadas, modelo conocido como Hydrofoil, que imprime al fluido un patrón de flujo axial para la suspensión efectiva de los sólidos. El diámetro del agitador está dado por:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \rightarrow D_a = 0,8 \text{ m}$$

La distancia entre el agitador y el fondo del tanque (E) está dada por:

$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{4} \rightarrow E = 0,6 \text{ m}$$

Se utiliza la correlación de Zwietering (McCabe, Smith, & Harriot, 2007) para obtener la velocidad crítica del agitador, n_c , que es la velocidad mínima para suspensión completa fuera del fondo.

$$n_c D_a^{0,85} = S v^{0,1} D_p^{0,2} \left(g \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^{0,45} B^{0,13}$$

Donde S es el factor de forma, v la viscosidad cinemática, D_p el tamaño medio de la partícula, g la aceleración de la gravedad, $\Delta \rho$ la diferencia de densidades del sólido y el fluido, ρ_l la densidad del líquido y B el porcentaje de peso del sólido sobre el peso del líquido. Se tiene viscosidad 0,013 Poise (Biswas, Godiwalla, Sanyal, & Dev, 2002), $S = 6,9$ (Perry, Green, & Maloney, 2001) y $D_p = 74 \mu\text{m}$ (malla 200). En la siguiente tabla se resumen los valores de los datos del sistema:

Variable	S	v	D_p	D_a	B	ρ_s	ρ_l	$\Delta \rho$
Valor	6,9	$7,76 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$74 \mu\text{m}$	0,8 m	65%	$2650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$\begin{aligned}
 n_c &= \frac{Sv^{0,1} D_p^{0,2}}{D_a^{0,85}} \left(g \frac{\Delta\rho}{\rho_l} \right)^{0,45} B^{0,13} \\
 &= 6,9 \times \left(\frac{1,3 \times 10^{-3} Pa s}{\frac{1675 kg}{m^3}} \right)^{0,1} \times \frac{(7,4 \times 10^{-5} m)^{0,2}}{(0,8 m)^{0,85}} \\
 &\quad \times \left(\frac{9,81 m}{s^2} \times \frac{2650 \frac{kg}{m^3} - 1000 \frac{kg}{m^3}}{1000 \frac{kg}{m^3}} \right)^{0,45} \times (0,65 \times 100)^{0,13} = 110 rpm
 \end{aligned}$$

Según Buurman la relación entre potencia por unidad de volumen para suspensión de mezclas de arena es constante para el diámetro del tanque y está dada por la línea con marcadores triangulares en la siguiente figura.

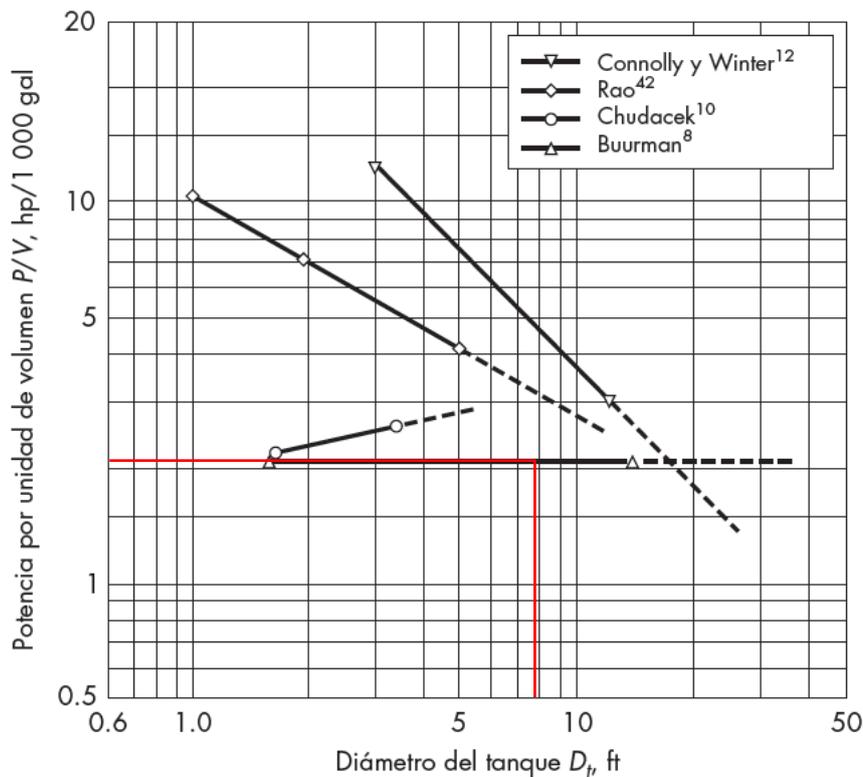


Figura 34. Potencia requerida para suspensión completa de sólidos. Fuente: McCabe, Smith, & Harriot, 2007.

Por lo tanto, para el caso de los tanques diseñados se tiene un requerimiento de potencia de:

$$\frac{P}{V} = \frac{3,1 HP}{1000 gal} \rightarrow P = 10,8 m^3 \times \frac{3,1 HP}{1000 gal} \times \frac{264,17 gal}{1 m^3} = 8,8 HP = 6,6 kW$$

En base a los criterios de velocidad crítica y potencia, dadas por el dimensionamiento se selecciona como agitador el modelo AV-10 de la marca MYV MIXING, manteniendo sin embargo las dimensiones del impulsor y el espaciado entre el fondo y el impulsor.

MODELO AV

DATOS TECNICOS

ESQUEMA

- 01 MOTOR
- 02 REDUCTOR
- 03 TORRETA
- 04 ACOFLE
- 05 TAPA DE ROD.
- 06 RODAMIENTO
- 07 BRIDA DE ANCLAJE
- 08 RETEN
- 09 EJE AGITADOR

DIAGRAMA

Sentido de giro: Horario
 Impulsor: Hidrofoil
 Sentido: Derecho
 Flujo: Axial

03 TORRETA

Características

- Diseñado para absorber los esfuerzos transmitidos por el eje.
- Material: AISI 304/ 316/ SAE 1010.
- Se fabrica de calce normalizado.
- Posee ventanas de inspección.

07 ANCLAJE

Características

- Diseñado para soportar al conjunto.
- Material: AISI 304/ 316/ SAE 1010.
- Se fabrica según normas ANSI/ ASME.
- Se adapta a cualquier anclaje.
- Se pueden solicitar pulidos.

10 IMPULSOR

Características

- Material: AISI 304/ 316/ SAE 1010.
- Los impulsores pueden ser Hidrofoil, Turbina 4 o 6 paletas, hélice marina.
- Los diámetros 100 a 4000 mm.
- Versatilidad en diferentes productos.

PARA GRANDES DEPÓSITOS +100m³

AGITADOR VERTICAL CONFIGURACION

Modelos	Potencia	RPM	A	B	C	D	Peso
AV-1	1 HP	200	1600	800	800	500	20 Kg
AV-3	3 HP	160	2060	1000	1060	750	43 Kg
AV-5	5.5 HP	120	2300	1200	1100	1000	56 Kg
AV-10	10 HP	110	3030	1600	1430	1200	105 Kg
AV-15	15 HP	85	3464	1700	1764	1500	156 Kg
E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E	E-E

ACLARACIONES

- RPM: Sujeto a modificaciones según tipo de producto
- A/ Largo de eje: Según dimensiones de tanque
- B/ Altura de cableal: Brazo de palanca y equipo móvil
- C/ Altura total: Conjunto de todo el equipo agitador
- D/ Diámetro de impulsor: Según producto
- E-E: Equipos especiales, solicitar cotización
- MEDIDAS SUJETAS A MODIFICACIONES.

OPCIONES

- Material: AISI 304/ 316/ SAE 1010 a otras aleaciones
- Estanqueidad: Sello mecánico/ Prensa estopa/ Reten
- Variador de frecuencia: Vectorial
- Tablero eléctrico
- Impulsor: Hidrofoil, Turbina 4 o 6 paletas, Turbinas especiales
- Trípode: girado por eje
- Brida de anclaje: ANSI #150-300, STANDARS, Especiales.

Nazca 1260 | San Justo | Buenos aires | Argentina
info@myv-mixing.com.ar
(54-11) 4482-1170/ 1440

Figura 35. Ficha técnica de línea de Agitadores Verticales. Fuente: MYV MIXING, <https://mixing-process.com/agitadores-verticales/>.

4.7.2.5. Conexiones

Tipo	Unión	Diámetro (in)
Alimentación de suspensión	-	2"
Descarga de lechada	Bridada	5"
Válvula de limpieza/verificación	Cupla	2"

4.7.2.6. Soportes

Cada uno de los tanques se soporta sobre tres perfiles del mismo material de construcción que el tanque. La altura de cada soporte es de 0,50 m. El espesor de la chapa es $t = 5 \times 10^{-3}m$.

El peso del tanque vacío es:

$$W_{TK} = \rho \times \frac{\pi}{4} (H' \times 2t(2D_t + 2t) + D_t^2 \times t) = 7817 \frac{kg}{m^3} \times 0,168m^3 = 1316 kg$$

Se adopta un 10% adicional para cubrir el peso de plataformas y accesorios.

El peso de la carga completa de fluido es:

$$W_{fluido} = 10,8 m^3 \times 1675 \frac{kg}{m^3} = 18090 kg$$

El peso del impulsor y su motor es:

$$W_{agitador} = 105 kg$$

El peso distribuido en cada soporte con el equipo a carga completa es:

$$W_{sop} = \frac{W_{TK}(1,1) + W_{fluido} + W_{agitador}}{3} = \frac{19,6 tn}{3} = 6,55 tn$$

4.7.3. Tanque de mezclado

4.7.3.1. Selección y adopción de tanque de mezclado

El tanque de mezclado se utiliza para mezclar y dosificar el hormigón fresco en el molde.

El tanque seleccionado es el modelo PM3-1 de la firma SANKON. La mezcladora se compone de la carcasa, el agitador, el control de temperatura, el sistema de control y las válvulas. Este equipo garantiza una agitación uniforme y mezcla completa del barro con el polvo de aluminio, asegurando que no haya aglomeración de partículas.

La capacidad requerida del tanque es de $3 m^3$, mientras que la capacidad del equipo es de $3,8 m^3$. También trabaja rápidamente, el proceso de mezclado y vertido se completa en 8 minutos, en los cuales el proceso de mezclado cuesta menos de 5 minutos y el proceso de vertido cuesta menos de 3 minutos. Al verter, el mezclador es capaz de mostrar y ajustar la temperatura. Esto garantiza un funcionamiento y un control más eficiente.

4.7.3.2. Criterios de selección

- El tiempo de mezcla es de 5 minutos.
- Control de temperatura. Temperatura de colado de $40^{\circ}C$.
- Sistema de dosificación.
- El impulsor es de cinta helicoidal.
- El volumen a procesar por lote de precurado es de $3,8 \frac{m^3}{h} \times 4h = 15,2 m^3$. Este volumen se divide en 5 lotes de mezclado por lo que el volumen mínimo del tanque es de $3,04m^3$

El modelo seleccionado es el siguiente:

Fabricante	JIANGSU SANKON BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO.,LTD.	
Modelo	PM3-1	
Capacidad	3,8 m ³	
Potencia	45 kW	
Tiempo de mezcla	5 min	
Tiempo de colado	3 min	
<p><i>Figura 36. Vista del mezclador/dosificador de hormigón. Fuente: Sankon Tech, http://aac-equipment.com/4-1-pouring-mixer.html.</i></p>		

4.7.4. Silos de almacenamiento de sólidos

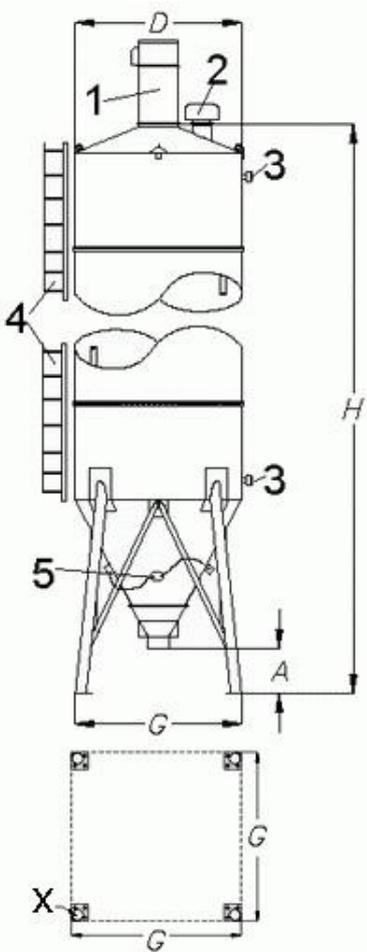
4.7.4.1. Selección y adopción de silos de cemento, cal y yeso

El silo de almacenamiento se utiliza para conservar el cemento, la cal y el yeso.

El silo seleccionado para este propósito es el modelo M 75 de la marca EUROMAXARGENTINA. Este equipo consta de una estructura metálica resistente de acero pintado, con una alimentación superior y una descarga inferior, un sistema de dosificación, control de temperatura y compuertas de descarga.

La capacidad requerida para el silo es un coeficiente de utilización de dos cargas completas por semana, lo que equivale a 70,5 tn de cemento. El equipo seleccionado ofrece una capacidad de 75 toneladas, lo que garantiza un margen adicional de almacenamiento.

Se requieren 3 silos de iguales dimensiones para almacenar separadamente cemento, cal y yeso.

Fabricante	EUROMAXARGENTINA	
Modelo	M 75	
Capacidad	75 tn	
Volumen	53 m ³	
Diámetro (D)	2,6 m	
Alto (H)	12,5 m	
Ancho (G)	2,6 m	

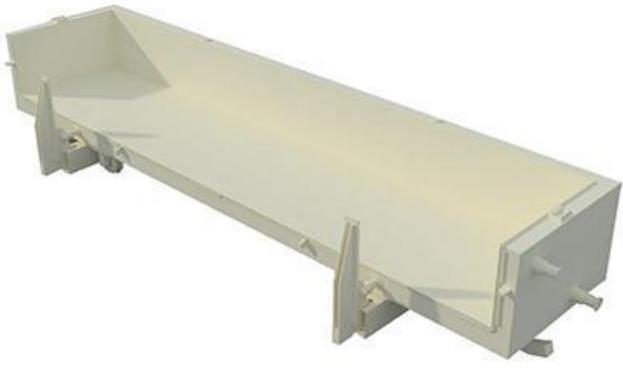
4.7.5. Moldes

4.7.5.1. Selección y adopción de moldes de hormigón

El molde es un recipiente para verter y formar los bloques de hormigón.

El molde seleccionado para cumplir con las dimensiones de la torta en el autoclave es el modelo M5 de la marca SANKON. Se compone del marco, la placa lateral y el aparejo de sujeción. El marco del molde está formado por acero estructural y chapa de acero. Ambos extremos están equipados con un eje de volteo y una junta de sellado para evitar la fuga de lechada. La placa lateral está soldada por acero estructural y chapa de acero, garantizando su rigidez y evitando deformaciones en el autoclave. El brazo de sujeción incluye el rodillo de arrastre, el brazo y el eje giratorio.

El número de moldes necesarios es de 9 unidades por ciclo de curado. Se adquieren 12 unidades para tener 3 como backup.

Fabricante	JIANGSU SANKON BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO.,LTD.	 <p><i>Figura 38. Vista del molde con marco rebatible. Fuente: Sankon Tech, http://aac-equipment.com/4-1-block-mould.html.</i></p>
Modelo	M5	
Material	Acero estructural	
Volumen	5,4 m ³	
Ancho (D)	1,80 m	
Alto (H)	0,50 m	
Largo (G)	6,0 m	

4.7.6. Cortadora de bloques

4.7.6.1. Selección y adopción del equipo

La cortadora de bloques consiste en el acoplamiento de equipos con el objetivo de separar la torta de hormigón en bloques del tamaño especificado.

Se seleccionan 2 máquinas de corte para efectuar los cortes, modelo 601206 Longitudinal y 601206 Transversal, de Success Machinery. Una es una máquina de alambres estáticos y efectúa cortes longitudinales (altura y largo de los bloques), la otra máquina es de aserrado con alambres y efectúa los cortes transversales (espesor de los bloques). El equipo de múltiples pasos se compone de las dos máquinas, el carro de corte, rieles y sistema de control eléctrico.

El equipo seleccionado logra piezas en forma de hexaedro, tiene la posibilidad de regular la distancia entre alambres con alta precisión, utiliza alambres de acero, tiene un tensionador individual para cada alambre, (extendiendo su vida útil hasta 20 días), se opera de manera segura desde el panel táctil del PLC asegurando la separación hombre-máquina y es de bajo mantenimiento.

Fabricante	Changzhou Success Building Material Machinery Co., Ltd	
Modelo	601206 Longitudinal	
Velocidad	5 min/molde	
Alto	2,86 m	
Ancho	2,50 m	
Largo	9,0 m	
Modelo	601206 Transversal	
Velocidad	5 min/molde	
Alto	3,56 m	
Ancho	3,20 m	
Largo	7,20 m	
Potencia	18 kW	
Peso	22 tn	

Figura 39. Vista de línea de corte compuesta por cortadora longitudinal seguida por cortadora transversal. Fuente: Success Machinery, https://www.concrete-pole.com/product/AAC-Cutting-machine_19684.html.

4.7.7. Autoclaves

4.7.7.1. Diseño de autoclave

Los autoclaves constituyen una parte fundamental del proceso, tanto por su función como por su costo, dimensiones y la seguridad con la que deben ser operados y mantenidos. Si bien no existen dimensiones estándares para estos equipos, su diseño se realiza a través de la optimización de los costos de adquisición teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por el Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión. A este efecto, el equipo deberá ser capaz de procesar un volumen de producto equivalente al requerido en los balances anteriores y cumplir con las restricciones del caso.

El diseño del autoclave presentado se dibuja como una secuencia de pasos lógicos: la determinación de la cantidad de unidades necesarias, la selección de materiales, el cálculo del volumen interno y el espesor de pared, la optimización de sus dimensiones, el cálculo de la demanda energética y la determinación de conexiones y soportes.

4.7.7.2. Determinación de la cantidad de autoclaves

El paso inicial consiste en la determinación del número de autoclaves necesarios para la producción de los bloques de HCCA. Con este fin se confeccionó un diagrama de Gantt de los ciclos de curado. Debido a la naturaleza discontinua de los procesos de precurado y curado, el número de autoclaves necesarios se determinó en 3 unidades.

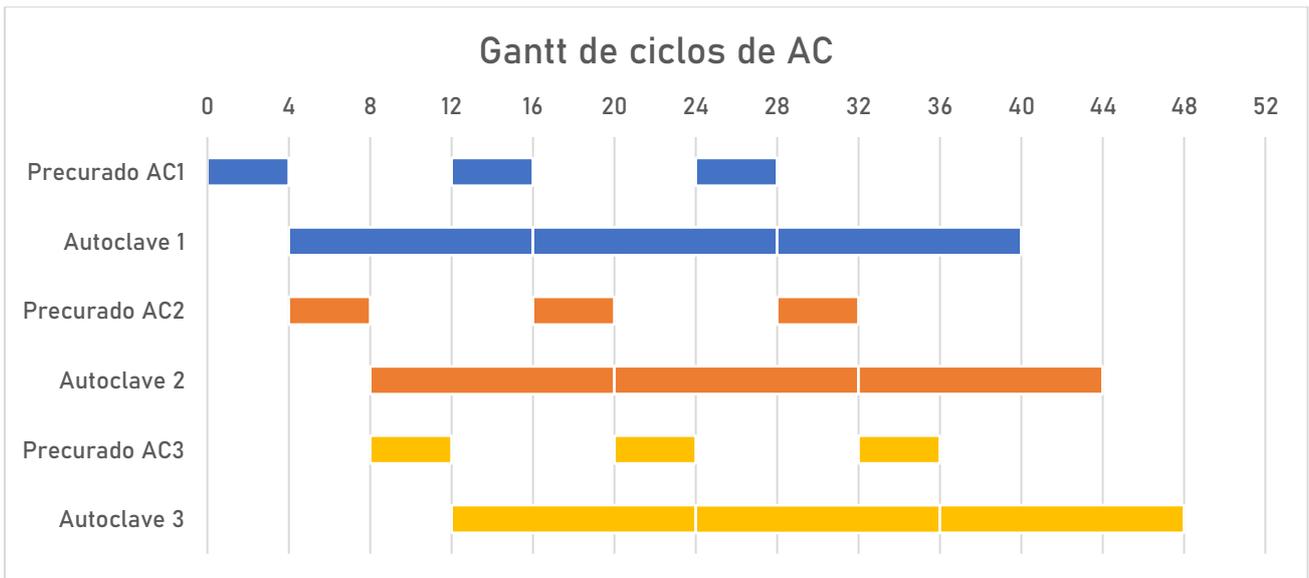


Figura 40. Diagrama de Gantt de ciclos de curado. Fuente: Elaboración propia.

$$[\text{Capacidad de cada autoclave}] = \frac{144 \text{ m}^3}{3 \text{ AC}} = \frac{48 \text{ m}^3}{\text{AC}}$$

Con este número de equipos se obtiene un batch de hasta 48 m³ cada 4 horas. Este lote es descargado y luego continuamente procesado en la línea separación y embalaje. Al mismo tiempo, esta cantidad de equipos asegura un acoplamiento continuo de ciclos de precurado; es decir, un lote está atravesando la etapa de precurado y al finalizar otro lote comienza. De la misma manera, un ciclo de autoclave arranca inmediatamente al terminar el anterior.

4.7.7.3. Selección de materiales

El equipo está hecho de acero al carbono de baja aleación de denominación ASME SA387B. Este material es apto para uso en un ambiente no corrosivo con presencia de hidrógeno y alta temperatura debido a su contenido de 1% en Cr y 0.5% de Mo (Seider, y otros, 2017). La mayor resistencia permite el diseño del equipo con un espesor mínimo de pared, que se traduce en menor peso y menor cantidad necesaria de soldado, lo que abarata los costos (Perry, Green, & Maloney, 2001).

La junta tórica (*o-ring*) de la compuerta está fabricada en el material FKM (Fluoroelastómeros) de nombre comercial Viton ©. Es un elastómero de alto rendimiento que tiene una excelente resistencia a altas temperaturas (hasta 232°C).

El material aislante es lana de vidrio de 50 mm, marca TECH Slab 3.0 de ISOVER® en presentación de panel compacto semirrígido.

4.7.7.4. Cálculo del volumen del recipiente

La geometría del recipiente se compone de las siguientes figuras tridimensionales básicas:

- El recipiente principal consta de un cilindro hueco de paredes delgadas, dispuesto de manera horizontal.
- Los cerramientos tienen forma de semi-cascarón, son elipsoidales y se ubican a los extremos. Uno de los cerramientos se abre de manera basculante, elevándose con la ayuda de un contrapeso, dejando al descubierto el interior del cilindro.

El recipiente cilíndrico aloja una recámara prismática interna circunscripta que constituye el volumen utilizable. Esta recámara tiene capacidad para alojar las tortas de hormigón (volumen de bloques a procesar), las bandejas sobre las que se soportan y una porción de volumen ocioso que hace las veces de separación entre torta y torta y entre torta y las paredes del recipiente.

El volumen de la recámara es superior al volumen de las tortas procesadas y está dado por:

$$V_R = A_R \times L$$

donde V_R es el volumen de la recámara en m^3 , A_R es el área de la sección de la recámara en m^2 y L el largo del autoclave en m. A su vez, el A_R se obtiene a partir de la multiplicación de la sección que ocupa un nivel (tortas más bandejas más separaciones) por la cantidad de n niveles.

$$A_R = A_S \times n = 2,2 \text{ m} \times 0,70 \text{ m} \times n$$

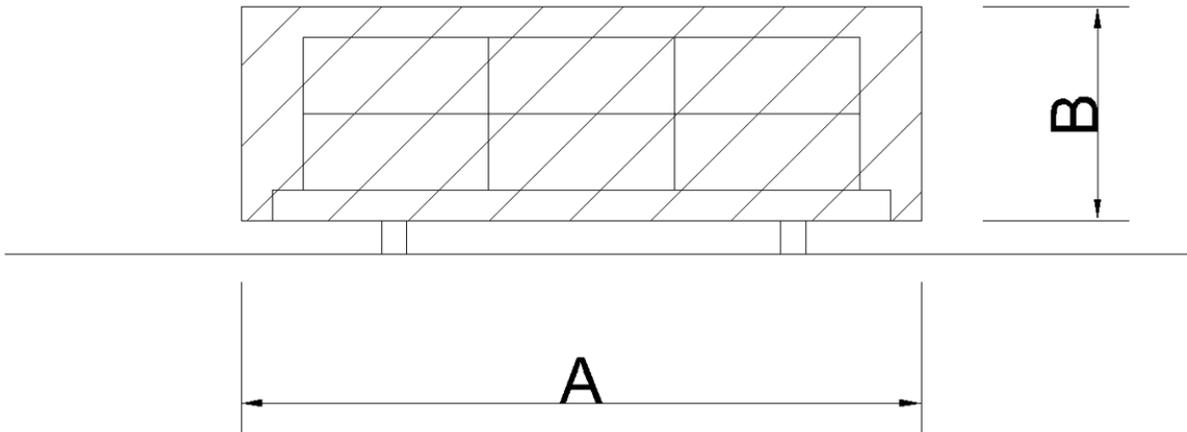


Figura 41. Vista de la sección del espacio que ocupa un nivel de tortas en el autoclave. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, cada autoclave tiene una capacidad máxima de 48 m^3 de producto y este volumen de bloques es igual al área de una torta por la longitud del receptáculo:

$$V_B = 48 \text{ m}^3 = A_B \times n \times L$$

donde A_B es la sección de la torta que está dada por:

$$A_B = A \times B = 1,80 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$$

reemplazando en V_R se obtiene:

$$V_R = A_S \times n \times \frac{48 \text{ m}^3}{A_B \times n} = 82,13 \text{ m}^3$$

4.7.7.5. Cálculo del espesor de pared

El espesor de pared del cilindro, t , está dado por la siguiente ecuación:

$$t = t_s + t_c$$

Donde t_s es el espesor de pared debido a los esfuerzos ocasionados por la presión interna del recipiente y t_c el espesor que se adiciona para tener en cuenta los efectos corrosivos.

Para el caso del cilindro estos esfuerzos pueden ser circunferenciales y longitudinales. Los espesores se computan según Código ASME Sección VIII de la siguiente manera, tomando el mayor de ellos como válido. En las ecuaciones P_D es la presión de diseño en psig, D es el diámetro interno del cilindro en pulgadas, S la tensión de rotura del material en psi y E la eficiencia de soldadura.

$$t_{SC} = \frac{P_D \times D}{2 S \times E - 1,2 \times P_D} \quad (E. \text{Circunferenciales})$$

$$t_{SL} = \frac{P_D \times D}{2 S \times E + 0,8 \times P_D} \quad (E. \text{Longitudinales})$$

El espesor de pared de las tapas elipsoidales está dado por la siguiente relación:

$$t_{SE} = \frac{P_D \times D \times K}{2 S \times E - 0,2 \times P_D} \quad (T. \text{Elipsoidales})$$

K es una variable que tiene en cuenta la relación geométrica entre el diámetro interno y el radio interno de curvatura dada por:

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h} \right)^2 \right]$$

Las suposiciones que se imponen se derivan de las condiciones de diseño particulares y son:

- Las aberturas elipsoidales tiene una relación del diámetro interno al radio medio de curvatura dada por $\frac{D}{2h} = 3$.
- La presión de operación del equipo es de 12 bar manométricos. La presión de diseño del equipo se determina a través de la siguiente relación:

$$P_D = e^{0,60608+0,91615 \times \ln P_O + 0,0015655 \times \ln P_O^2} = 216 \text{ psig}$$

donde P_D es la presión de diseño y P_O es la presión de operación en psig.

- La temperatura de operación corresponde a la del vapor saturado a la presión de operación. La misma es de 191,66°C. La temperatura de diseño corresponde a:

$$T_D = T_O + 20^\circ\text{C} = 212^\circ\text{C}$$
- La eficiencia de soldadura es $E = 1$, porque se requiere una inspección por radiografía del 100% de las uniones soldadas para este tipo de recipientes.
- La tensión de rotura del material a la temperatura de diseño es de 15.000 psi.
- El espesor de pared es igual en el cilindro y en las tapas.
- Se adopta un espesor de corrosión de $t_C = \frac{1}{8} \text{ in.}$

4.7.7.6. Optimización del tamaño del equipo

El costo de adquisición del autoclave está directamente relacionado con el peso del recipiente vacío y el material de construcción (Seider, y otros, 2017). A su vez, el peso del equipo vacío está dado por la relación que existe entre su geometría, el diámetro y largo de las paredes y el espesor de las mismas.

Las dimensiones principales del equipo se muestran a continuación.

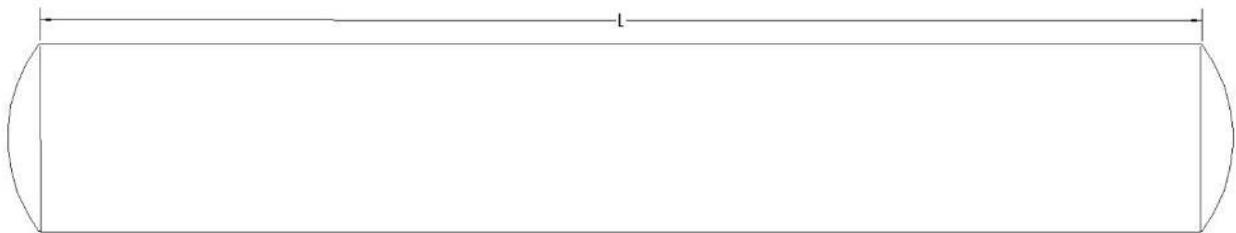


Figura 42. Croquis de la geometría principal del equipo. Fuente: Elaboración propia.

El problema de diseño se define como la minimización del peso del material constructivo. El peso del recipiente vacío, W_{AC} , está dado por:

$$W_{AC} = \rho(2 \times V_{PE} + V_{PC}) = \rho \left\{ \left[\frac{4}{9} \pi (2t + D)^3 - D^3 \right] + [\pi L t (t + D)] \right\}$$

Donde ρ es la densidad del acero, 7817 kg/m³, V_{PE} representa el volumen de material de las tapas elipsoidales, V_{PC} es el volumen de material en las paredes cilíndricas de diámetro interno D , largo L y espesor de pared t .

La optimización se realiza por el método Generalized Reduced Gradient (GRG), no lineal, empleando Solver de Excel©. Las variables a optimizar son:

- Diámetro interno del recipiente vacío, D .
- Espesor de pared del recipiente vacío, t .
- Longitud del receptáculo cilíndrico, L .
- Cantidad de niveles apilados dentro del receptáculo, n .

Las restricciones al diseño son las siguientes:

- El diámetro mínimo es igual a la diagonal del cuadrilátero circunscrito de área A_R que contiene a uno o varios niveles de moldes. El diámetro interno del cilindro es igual o mayor a este valor.

$$D \geq D_{min} = \sqrt{A^2 + (B \times n)^2}$$

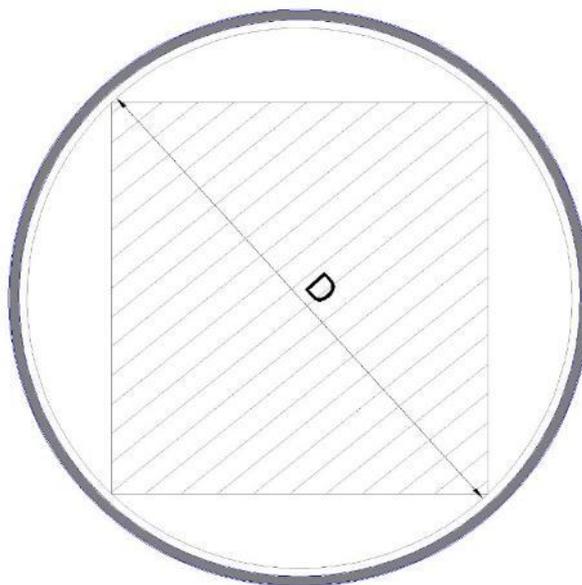


Figura 43. Vista de la sección del cilindro con marcación de diámetro, el área sombreada representa el espacio útil de la recámara.
Fuente: Elaboración propia.

- El número de niveles/bandejas es un natural no nulo.

$$n \geq 1 \wedge n \in \mathbb{N}$$
donde $n = 1$ representa un solo nivel, $n = 2$ dos niveles o bandejas de tortas apiladas, $n = 3$ tres niveles o bandejas de tortas apiladas, y así sucesivamente.
- El espesor de pared mínimo es aquel obtenido a partir del código ASME. Se tienen en cuenta los espesores que consideran los esfuerzos circunferenciales y longitudinales para las paredes cilíndricas y el de las tapas elipsoidales. Se toma como valor mínimo el menos favorable de los casos; es decir, el mayor espesor de entre los casos considerados. El espesor de pared debe pertenecer a la lista de valores discretos para espesores de placas comercialmente disponibles y no puede ser inferior a $\frac{1}{2}$ pulgada.

$$t_s \geq t_{sc} \wedge t_s \geq t_{sl} \wedge t_s \geq t_{se} \wedge t \in \{\text{Espesores comerciales}\}$$

- La longitud está dada en todo momento por:

$$L = \frac{V_R}{A_R} \leq 24 \text{ m}$$

- La longitud máxima del equipo es de 24 m. Si bien el peso del equipo se puede reducir a expensas de su longitud, una extensión muy grande dificulta su traslado y emplazamiento en los terrenos de la planta. El largo máximo de un camión que puede circular por corredores

habilitados en rutas nacionales es de 25,50 m (Dirección Nacional de Vialidad, 2018). La longitud del equipo tiene en cuenta también el espaciado entre los carros ubicados en su interior.

Los resultados optimizados se exponen a continuación:

Variable	D	t	L	n	W_{AC}
Resultado	3,041 m	1 ¾"	18,68 m	3 niveles	178 tn

4.7.7.7. Cálculo de la demanda energética

El curado se realiza inyectando vapor de media presión a la recámara del autoclave. Este proceso implica complicados mecanismos de transferencia simultanea de masa y calor cuyo análisis exacto escapa al alcance de este dimensionamiento. A efectos de poder estimar el consumo de vapor se realizan las siguientes simplificaciones:

- Solo se considera transferencia de energía en forma de calor proveniente del vapor saturado, sin considerar transferencia de masa. La transferencia de energía desde el vapor al resto de los componentes y alrededores se realiza en estado estacionario. En la realidad la entrega de vapor se modula a través del control de la apertura y cierre de las válvulas. El medio calefactor es vapor saturado a 12 bar manométricos y 191,66°C.
- El ciclo se divide en una sección de calentamiento y una sección de curado a temperatura constante. El calentamiento consta de un incremento gradual de la temperatura del hormigón, el autoclave y el volumen vacío durante 3 horas hasta alcanzar los 182°C. Se mantiene un ΔT de al menos 10°C en todo momento entre el vapor y el sistema para obtener velocidades de transferencia moderadas y controlables. Durante este periodo el vapor entrega su calor latente al producto y al equipo (considerando el recipiente, accesorios/carros y volumen vacío), a la vez que se suscitan pérdidas de energía. Luego se mantiene la temperatura por 8 horas. En el transcurso de este periodo la demanda energética debe a las pérdidas a través de las paredes. Finalmente se libera la presión en un lapso de 30 minutos y se deja enfriar el equipo y su contenido otros 30 minutos.

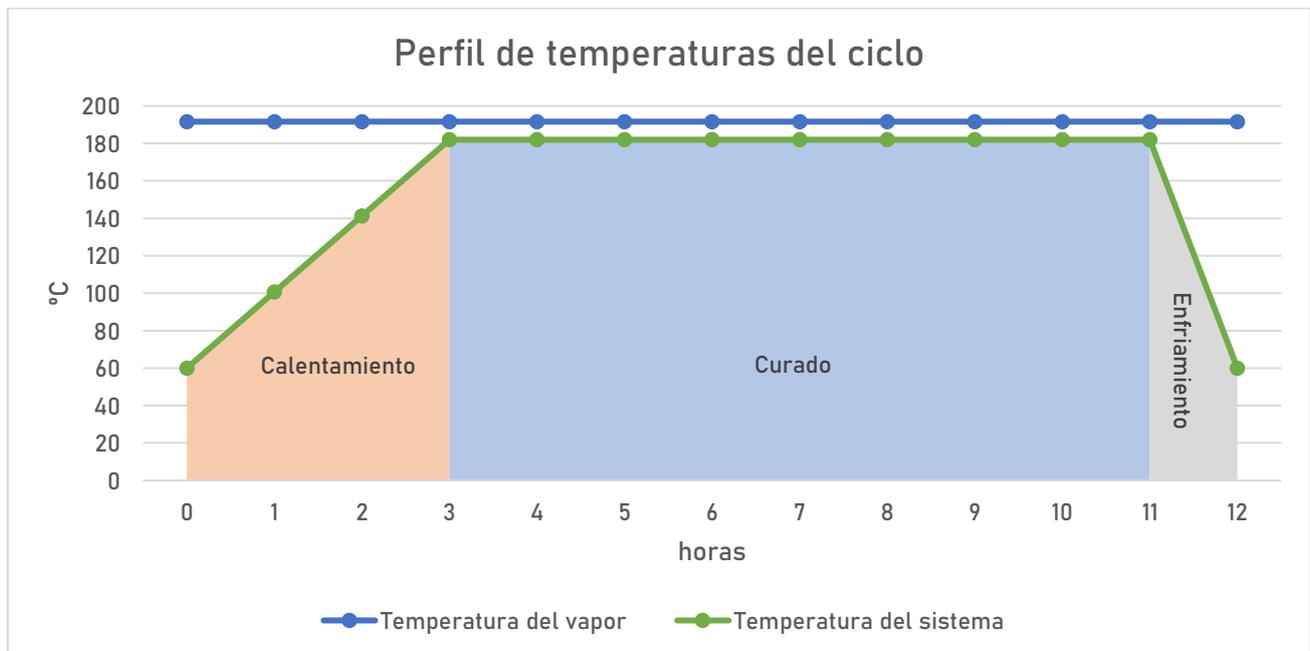


Figura 44. Evolución de temperaturas en el sistema durante el ciclo de curado. Fuente: Elaboración propia.

- Las pérdidas de energía se obtienen considerando flujo de calor unidireccional de forma radial al cilindro del autoclave. Se adopta un 10% adicional para cubrir los otros tipos de pérdidas.
- Las capacidades caloríficas y conductividades térmicas se toman como promedios y constantes en los periodos considerados.
- Se toma como temperatura del medio interno 191,66°C y temperatura externa del ambiente de 20°C.

Efectuando un balance de energía térmica por ciclo se obtiene:

$$\begin{aligned}
 & [Energía\ aportada\ por\ el\ vapor] \\
 & = [Energía\ necesaria\ para\ calentar\ las\ tortas] \\
 & + [Energía\ necesaria\ para\ calentar\ el\ equipo] \\
 & + [Energía\ necesaria\ para\ llenar\ el\ espacio\ vacío] \\
 & + [Energía\ que\ sale\ con\ el\ condensado] \\
 & + [Energía\ necesaria\ para\ contrarrestar\ las\ pérdidas]
 \end{aligned}$$

O bien de manera simbólica:

$$Q_S = \Delta H_T + \Delta H_{AC} + \Delta H_V + Q_C + Q_L \times (1,1)$$

Cálculo de la energía que aporta el vapor

Q_S es la energía provista por el vapor en kJ. La energía aportada por el medio calefactor es igual a su masa por su entalpía específica.

$$Q_S = m_v \times h_{vs}$$

Cálculo de la energía necesaria para calentar las tortas

ΔH_T es la energía requerida para el calentamiento de las tortas:

$$\Delta H_T = V_B \times \rho_B \times \overline{Cp_B} \times \Delta T$$

donde V_B es el volumen de las tortas, ρ_B es la densidad del hormigón, $\overline{Cp_B}$ es el calor específico promedio del HCCA y ΔT la diferencia de temperatura entre el estado caliente y el estado inicial. Se asume temperatura inicial de 60°C para las tortas (al finalizar el precurado y corte).

$$\Delta H_T = 48 \text{ m}^3 \times 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{0,84 \text{ kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \times (182 \text{ } ^\circ\text{C} - 60 \text{ } ^\circ\text{C}) = 2460 \text{ MJ}$$

Cálculo de la energía necesaria para calentar el equipo

ΔH_{AC} es la energía requerida para el calentamiento del cuerpo del autoclave y los carros:

$$\Delta H_{AC} = (W_{AC} + W_D) \times \overline{Cp_A} \times \Delta T$$

donde W_{AC} es la masa del autoclave vacío, W_D es la masa de los carros y accesorios, $\overline{Cp_A}$ es el calor específico promedio del acero y ΔT la diferencia de temperatura entre el estado caliente y el estado inicial. Se asume un W_D igual al 10% del peso del autoclave y una temperatura inicial de 60°C para los autoclaves en régimen de operación.

$$\Delta H_{AC} = W_{AC}(1 + 0,1) \times \overline{Cp} \times \Delta T = 177.780 \text{ kg} \times 1,1 \times \frac{0,50 \text{ kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \times (191 \text{ } ^\circ\text{C} - 60 \text{ } ^\circ\text{C}) = 12809 \text{ MJ}$$

Cálculo de la energía para llenar el espacio no utilizado

ΔH_V es la energía usada para llenar de vapor el espacio libre del autoclave. Como el curado se realiza desplazando el aire del interior del autoclave y llenándolo de vapor, la energía necesaria para esta operación es el producto del volumen vacío del autoclave por la densidad del vapor saturado (o el inverso del volumen específico) y su entalpía específica. Se asume volumen vacío igual al volumen del cilindro menos el volumen de tortas, con el riesgo de sobreestimar el volumen vacío.

$$\Delta H_V = \frac{(V_C - V_B)}{v_{vs}} \times h_{vs} = \frac{107,33m^3}{0,151027 \frac{m^3}{kg}} \times 2786,53 \frac{kJ}{kg} = 1980 MJ$$

Cálculo de la energía que arrastra el condensado

Q_C es la energía que arrastra el condensado. El condensado abandona el equipo como líquido saturado a presión de 1 atm. La masa de condensado que abandona el equipo es igual a la que ingresa en forma de vapor. El resultado se obtiene de forma iterativa a partir del balance energético total.

$$Q_C = m_v \times h_{fl} = 3258 MJ$$

Cálculo de las pérdidas por convección y conducción

Q_L son las pérdidas de energía al ambiente. Para el cálculo de las pérdidas se toma transferencia de energía en estado estacionario durante la fase de curado a temperatura constante. Bajo esta suposición se tiene:

$$Q_L = q_L \times \theta = \frac{T_{sat} - T_{amb}}{R_{total}} \times \theta$$

donde θ es el tiempo y R_{total} es la resistencia total en serie debido a: la condensación en la cara interna del autoclave, la conducción a través de las paredes del recipiente, la conducción a través del aislante y la convección entre la superficie externa del equipo y el ambiente. Solo se consideran las resistencias presentes en las paredes cilíndricas del recipiente. La resistencia total se obtiene a partir de:

$$R_{total} = R_{dr} + R_{AC} + R_{ais} + R_{conv}$$

$$R_{total} = \frac{1}{\pi D L h_{dr}} + \frac{\ln\left(1 + \frac{2t}{D}\right)}{2\pi L k} + \frac{\ln\left(1 + \frac{e_{ais}}{\frac{D}{2} + t}\right)}{2\pi L k_{ais}} + \frac{1}{2\pi\left(\frac{D}{2} + t + e_{ais}\right) L h_{conv}}$$

donde h_{dr} es el coeficiente convectivo debido a la condensación, k la conductividad específica del acero, e_{ais} el espesor del aislante, k_{ais} la conductividad de la lana de vidrio y h_{conv} el coeficiente de película debido a convección natural de aire en la superficie de un cilindro horizontal.

Para obtener h_{dr} se asume el mecanismo de condensación en gotas. Este mecanismo es favorable en el sentido que otorga la mayor tasa de transferencia de calor hacia los bloques de hormigón. Sin embargo, es difícil de mantener y es también la condición más desfavorable en términos de pérdidas por condensación en las paredes del recipiente, ya que tiene poca resistencia en comparación con la condensación en película. Por estos motivos se considera que adoptando el coeficiente convectivo propuesto por P. Griffith (Cengel & Ghajar, 2011) se sopesa el efecto calefactor sin subestimar las pérdidas.

$$h_{dr} = 255310 \frac{W}{m^2 K} \rightarrow R_{dr} = \frac{1}{\pi \times 3,041m \times 18,68m \times 255310W} = 2,19 \times 10^{-8} \frac{K}{W}$$

La resistencia de pared del acero se obtiene considerando k a la temperatura promedio de la pared:

$$k = 53,88 \frac{W}{mK} \rightarrow R_{AC} = \frac{\ln\left(1 + \frac{2 \times 0,04m}{3,041m}\right)}{2\pi \times 18,68m \times 53,88 \frac{W}{mK}} = 4,56 \times 10^{-6} \frac{K}{W}$$

La resistencia debida a la capa aislante se obtiene teniendo en cuenta un espesor de capa aislante de $e_{ais} = 0,05m$ y un k_{ais} a la temperatura promedio de 122°C.

$$k_{ais} = 0,047 \frac{W}{mK} \rightarrow R_{ais} = \frac{\ln\left(1 + \frac{0,05m}{\frac{3,041m}{2} + 0,04m}\right)}{2\pi \times 18,68m \times 0,047 \frac{W}{mK}} = 5,70 \times 10^{-3} \frac{K}{W}$$

h_{conv} es función del número de Nusselt (Nu) y de la conductividad del aire a la temperatura de la interfase. Se obtiene según $h_{conv} = \frac{k}{D+2t+2e_{ais}} Nu$. Para este caso el Nu está dado por:

$$Nu = \left\{ 0,6 + \frac{0,387 \times Ra_D^{\frac{1}{4}}}{\left(1 + \left(\frac{0,559}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right)^{\frac{8}{27}}}\right\}^2 = 492,85$$

en donde aparece el número de Prandtl como Pr y Ra , que es el número de Rayleigh, obtenido a partir de:

$$Ra_D = \frac{g\beta(T_{ais,2} - T_{amb})(D + 2t + 2e_{ais})^3}{\nu^2} Pr = 9,14 \times 10^{10}$$

$$\therefore h_{conv} = 4,01 \frac{W}{m^2K} \rightarrow R_{conv} = \frac{1}{2\pi \left(\frac{3,04m}{2} + 0,04m + 0,05m\right) 18,68m \times 4,01 \frac{W}{m^2K}} = 1,32 \times 10^{-3} \frac{K}{W}$$

La resistencia total está dada entonces por:

$$R_{total} = 2,19 \times 10^{-8} \frac{K}{W} + 4,56 \times 10^{-6} \frac{K}{W} + 5,70 \times 10^{-3} \frac{K}{W} + 1,32 \times 10^{-3} \frac{K}{W} = 7,02 \times 10^{-3} \frac{K}{W}$$

El calor transmitido por perdidas en el cilindro da como resultado:

$$q_L = \frac{464,81K - 293,15K}{7,02 \times 10^{-3} \frac{K}{W}} = 24,4 kW$$

Para el cálculo de las pérdidas durante la fase de calentamiento se considera que el tiempo de calentamiento del recipiente metálico es inferior al promedio del sistema, debido a que el acero posee una alta conductividad térmica, por lo que puede tomarse que las pérdidas se mantienen casi constantes durante las 12 horas de cada ciclo. El resultado de las pérdidas es entonces:

$$Q_L = q_L \times \theta = 24,44kW \times 12h \times \frac{3600s}{h} = 1056 MJ$$

Remplazando en el balance obtenemos la energía total demandada por ciclo a carga completa:

$$Q_S = \Delta H_T + \Delta H_{AC} + \Delta H_V + Q_C + Q_L \times (1,1) = 21669 MJ$$

La demanda energética por unidad de producto será entonces:

$$q_{HCCA} = \frac{21669 MJ}{48 m^3 HCCA} = 451,4 \frac{MJ}{m^3 HCCA}$$

Sin embargo, es importante destacar que la demanda de vapor no será constante a través de todo el ciclo, si no que se verá un pico de consumo durante la etapa de calentamiento. La magnitud de este valor de máxima demanda de potencia se obtiene considerando que el total de ΔH_T , ΔH_{AC} y ΔH_V y un proporcional de Q_C y Q_L se consumen durante este período de 3 horas. Entonces, para la fase de calentamiento:

$$\dot{Q}_{Calentamiento} = \frac{\Delta H_T + \Delta H_{AC} + \Delta H_V}{\Delta \theta} + \dot{Q}_{Calentamiento} \times \frac{(Q_C + Q_L \times (1,1))}{Q_S} = \frac{17249 \text{ MJ}}{3h \times \frac{3600s}{1h} \times (1 - 0,204)}$$

$$= 2,01 \text{ MW}$$

Este último dato es relevante para la adopción del generador de vapor.

4.7.7.8. Cálculo de espesor crítico del aislante

Para seleccionar el espesor del aislante se determina el radio crítico dado por:

$$r_{critico} = \frac{k_{ais}}{h_{conv}} = \frac{0,047 \frac{W}{mK}}{4,01 \frac{W}{m^2K}} = 0,012m < 1,62m = r_{ais}$$

Como resultado se obtiene que el radio del aislante, sea cual fuere el espesor de la plancha, está muy por encima de este valor, por lo que se puede asegurar que no se está introduciendo mayores pérdidas de energía debido a la presencia de este.

Se selecciona entonces la plancha de 0,05 m de la lista de espesores disponibles. Luego, a través del cálculo iterativo, se determinó que el espesor es el adecuado, ya que se obtiene una temperatura en la cara externa de 52,2°C, valor inferior a los 60°C recomendados para evitar quemaduras en los operarios.

$$T_{ais,2} = T_{sat} - q_L \times (R_{dr} + R_{AC} + R_{ais}) = 464,81K - 24,4kW \times 5,71 \frac{K}{kW} = 325,35 K \equiv 52,2^\circ C$$

4.7.7.9. Conexiones

Las conexiones con las que cuenta el equipo son:

Tipo	Unión	Diámetro (in)
Alimentación de vapor	Bridada	6"
Salida/purga de condesado	Bridada	2"
Válvula de verificación	Bridada	4"
Conexión a manómetro 1	Soldada/Roscada	1/2"
Conexión a manómetro 2	Soldada/Roscada	1/2"
Válvula de alivio 1	Bridada	5"
Válvula de alivio 2	Bridada	4"
Conexión a termocupla 1	Soldada/Roscada	1/2"
Conexión a termocupla 2	Soldada/Roscada	1/2"
Conexión a termocupla 3	Soldada/Roscada	1/2"

Los dispositivos de seguridad se calculan bajo el principio de redundancia. El cierre de la compuerta de carga y descarga de material es de accionamiento rápido de tipo bayoneta.

4.7.7.10. Soportes

El equipo cuenta con 4 caballetes de soporte con una separación de 5,36 m entre ellos y con el primero ubicado a una distancia de 1,30 m de la abertura. El peso que soporta cada caballete es el peso total del equipo a carga completa distribuido uniformemente entre los soportes:

$$W_{sop} = \frac{W_{total}}{4} = \frac{W_{AC(1,1)} + W_{tortas}}{4} = \frac{220 \text{ tn}}{4} = 55 \text{ tn}$$

Las características constructivas del equipo se resumen en la siguiente tabla:

Diámetro interno	3,041 m	Medio calefactor	Vapor saturado
Espesor de pared	1 ¾"	Peso (carga completa)	220 tn
Longitud total	19,91 m	Cantidad de soportes	4
Altura total (sin compuerta)	3,54 m	Peso por soporte	55 tn
Temperatura de operación	192°C	Presión de operación	1,2 MPa
Temperatura de diseño	212°C	Presión de diseño	1,5 MPa

4.7.8. Separadora

4.7.8.1. Selección y adopción de separadora

La máquina separadora desencastra los bloques y paneles de las tortas ya curadas. El equipo seleccionado es el provisto por Onway Engineering que tiene una transmisión hidráulica desde el motor y viene con un sistema de filtrado de dos niveles. Para ejercer la fuerza de sujeción adecuada en el bloque o panel, se puede ajustar la intensidad y separación de la abrazadera. Además, se puede ajustar la velocidad de separación de bloques/paneles de la separadora logrando velocidades de 5 minutos por molde.

Fabricante	Onway (Shanghai) Automation Engineering Co., Ltd.	 <p>Figura 45. Vista de separadora fija de accionamiento eléctrico/hidráulico. Fuente: TEEYER, https://teeyer-aacline.com/1-7-1-separator/179630/.</p>
Modelo	Separadora	
Potencia	30 kW	
Ancho	2,71 m	
Alto	3,23 m	
Largo	6,80 m	
Peso	13 tn	
Presión hidráulica	10-14 MPa	

4.7.9. Paletizadora

4.7.9.1. Selección y adopción de paletizadora

La máquina paletizadora forma el bulto de bloques y los sitúa sobre el pallet en el que se comercializa. El modelo seleccionado es el BPM de Sankon Tech. Esta máquina realiza las operaciones de forma automática, transportando los pallets de forma individual al transportador de cadena y con capacidad de regulación de velocidad. La pinza de accionamiento mecánico-hidráulico se utiliza para colocar los bloques en el palé.

Fabricante	JIANGSU SANKON BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO.,LTD.	
Modelo	Block Pallet Machine	
Potencia	5 kW	
Largo	2,78 m	
Ancho	2,11 m	
Alto	2,50 m	

Figura 46. Máquina paletizadora. Fuente: Sankon Tech, <http://aac-equipment.com/6-4-block-pallet-machine.html>.

4.7.10. Embaladora

4.7.10.1. Selección y adopción de embaladora

La embaladora seleccionada es el modelo Concrete Block Packing Machine de Unik Machine. Este equipo puede completar la función de embalaje a través del bobinado de la carga con ayuda de un voladizo rotatorio. El embalaje formado es de film LLDPE stretch cerrado de cinco lados a prueba de humedad, lluvia y polvo. Tiene un funcionamiento totalmente automático, alta eficiencia y bajo costo.

Fabricante	Fujian Unik Machinery Technology Co.,Ltd	 
Modelo	Concrete Block Packing Machine	
Presión de aire	0.4-0.6MPa, 350NL/min	
Potencia	1,1 kW (Viga rotatoria)	
	0,37 kW (Cuadro de membrana)	
	0,37 kW (Medios elevadores)	
	0,37 kW (Recubridor superior)	
Velocidad de viga	20 rpm	
Largo	4,50 m	
Ancho	2,20 m	
Altura	3,50 m	

Figura 47. Embaladora de stretch film para pallets de bloques de HCCA.
 Fuente: Unik Block Machines, <https://www.unikblockmachines.com/block-transfer-and-handle-system/concrete-block-packing-machine.html>.

4.8. Cálculo y adopción de equipos auxiliares

4.8.1. Selección de báscula de camiones

Fabricante	Basculas Magnino	
Modelo	MGF - 2860 M	
Largo	28 m	
Ancho	3,20 m	
Capacidad	60 tn	

Figura 48. Báscula de camiones. Fuente: Basculas Magnino SRL, <https://www.basculasmagnino.com.ar/>

4.8.2. Selección de balanza de sólidos

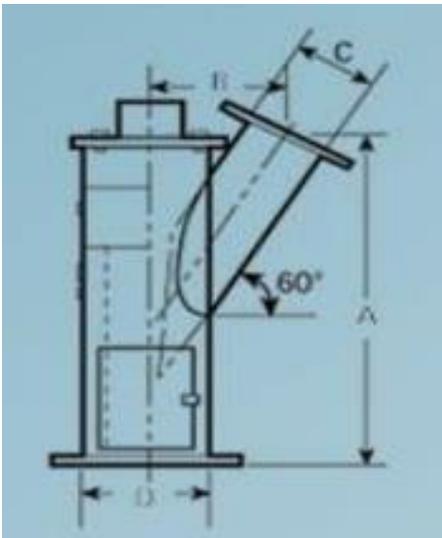
Fabricante	Tustanovsky	
Modelo	Balanza de impacto para caudal de sólidos	
Rango de trabajo	0,2-500 tn/h	
Alto (A)	1168 mm	
Distancia entre ejes (B)	356 mm	
Diámetro alimentación (C)	212 mm	
Diámetro descarga (D)	315 mm	
Material	Acero pintado con placa guía de acero inoxidable	
Temperatura máxima	65°C	

Figura 49. Croquis de balanza de sólidos de flujo continuo. Fuente: Tustanovsky Balanzas y Sistemas.

4.8.3. Selección de dosificadora de pasta de aluminio

Fabricante	Yushine
Modelo	SCM-20
Potencia	0,06 kW (motor)
	0,09 kW (agitador)
Capacidad	3-60 kg/h
Voltaje	230VAC/50Hz/1Ø
Alto (H)	520 mm
Ancho (W)	610 mm
Espesor (D)	335 mm
Peso	29 kg



Figura 50. Dosificador volumétrico. Fuente: Yushine, <https://yushineplastics.com/volumetric-doser/>.

4.8.4. Selección de mesa basculante

Fabricante	Sankon Tech
Modelo	Mesa basculante
Alto	2,2 m
Ancho	2,0 m
Largo	6,0 m



Figura 51. Vista de dispositivo basculante para voltear tortas de HCCA. Fuente: Sankon Tech, <http://aac-equipment.com/4-4-tilting-hange.html>.

4.8.5. Selección de aspiradora de scrap

Fabricante	Teeyer	
Modelo	Vacuum suction hood	
Alto	2,0 m	
Ancho	2,60 m	
Largo	4,0 m	

Figura 52. Campana de aspiración de merma de recorte (scrap).
Fuente: Teeyer, <https://teeyer-aacline.com/1-5-4-vacuum-suction-hood/179613/>.

4.9. Cálculo y adopción de equipos para movimiento de fluidos y cañerías

4.9.1. Cañerías

El cálculo del diámetro de las cañerías se realiza teniendo en cuenta la relación entre el caudal (Q) y el diámetro (D) para cañerías cilíndricas, a saber:

$$Q = u \times A = u \times \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi u}}$$

Donde u es la velocidad del fluido en m/s y Q y D están en unidades del sistema métrico. Según McCabe et al., la velocidad óptima para conducción de fluidos en tuberías de acero está dada por:

$$u_{opt} = \frac{12\dot{m}^{0,1}}{\rho^{0,36}}$$

donde u_{opt} está en pie/s, \dot{m} en lb/s y ρ en pie³/s. Para el vapor la velocidad recomendada es de 80 pie/s. A partir de estas relaciones se obtiene el diámetro interno de las cañerías normalizadas de acero basadas en ANSI B36. Los requerimientos se exponen a continuación.

Código Cañería	Fluido	Alimentación	Descarga	Velocidad óptima (m/s)	Q (m ³ /h)	D nominal (in)	Sch
PP-01	Lechada	Molino	TK Suspensión	0,76	2,69	1 ½	40
PP-02	Lechada	TK Suspensión 1	TK Mezcla	1,00	43,20	5	40
PP-03	Lechada	TK Suspensión 2	TK Mezcla	1,00	43,20	5	40
PP-04	Hormigón	TK Mezcla	Moldes	1,04	60,00	6	40
PP-05	Vapor	Caldera	Autoclave	24	1174	6	80
PP-06	Agua	Autoclave	TK-Condensado	0,92	7,78	2	40
PP-07	Agua	TK-Condensado	Caldera	0,92	7,78	2	40
PP-08	Agua	TK-Agua de proceso	Caldera	0,92	7,78	2	40
PP-09	Agua	TK-Agua de proceso	Molino	0,82	1,50	1	40
PP-10	Pasta de aluminio	Dosificador	TK-Mezcla	0,47	0,01	1/2	40
PP-11	Agua	TK-Cisterna	TK-Agua de proceso	0,95	9,28	2	40
PP-12	Barro de scrap	TK-Barro	TK Mezcla	1,00	0,3	2	40

Figura 53. Determinación de velocidad óptima y diámetro de cañerías. Fuente: Elaboración propia.

4.9.2. Bombas

La altura requerida por las bombas se obtiene a partir del balance de energía mecánica dado por:

$$h_{BB} = \frac{\Delta P}{\gamma} + \frac{\Delta u^2}{2g} + \Delta z + h_l$$

Donde ΔP es la diferencia de presiones en Pascales, γ el peso específico en N/m³, Δu^2 la diferencia entre el cuadrado de las velocidades en la succión y descarga en m²/s², g la aceleración de la gravedad en m/s², Δz la diferencia de alturas y h_l las pérdidas debido a la fricción en las cañerías y accesorios: $h_l = h_l^f + h_l^{ac}$.

El primer término se estima a partir de la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_l^f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{u^2}{2g}$$

Donde f es el factor de fricción de Darcy, que depende de la rugosidad relativa del tubo de acero y el número de Reynolds y se obtiene analíticamente y de forma explícita a través de la ecuación de Swamee-Jain. Se adopta una rugosidad absoluta, $e = 4,57 \times 10^{-5} m$ para el acero.

$$f = \frac{0,25}{\log\left(\frac{e}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)^2}$$

Las pérdidas auxiliares debido a los accesorios se obtienen a partir del método de las cabezas de velocidad equivalentes:

$$h_l^{ac} = K_{ac} \times \frac{u^2}{2g}$$

donde K_{ac} es una constante que depende del tipo de accesorio. Al aplicar el balance de energía se toma como despreciable la velocidad en los tanques.

Bomba	Tubería	Cabeza de presión (m)	Cabeza de velocidad (m)	Cabeza estática (m)	Pérdidas por fricción (m)	Pérdidas por accesorios (m)	Altura requerida por la bomba (m)
BB-01	PP-01	6,1	0,016	4	0,21	0,13	10,44
BB-02	PP-02	6,1	0,044	4	0,09	0,31	10,53
BB-03	PP-03	6,1	0,044	4	0,09	0,31	10,53
BB-04	PP-04	243	0,040	-1,8	0,01	0,15	241,84
BB-05	PP-06	0	0,051	3	0,69	0,27	4,01
BB-06	PP-07	122	0,051	1	0,69	0,27	124,33
BB-07	PP-11	0	0,035	10	0,26	0,16	10,46
BB-08	PP-12	6,1	0,044	4	0,09	0,31	10,53

Las bombas seleccionadas se detallan a continuación:

Bomba	Tipo	Fabricante	Modelo	Diámetro aspiración	Diámetro impulsión	Potencia (kW)
BB-01	Centrífuga de succión inundada para lodos	Eddy Pump	HD1K	1 ½"	1"	0,2
BB-02	Centrífuga de succión inundada para lodos	Eddy Pump	HD 5000	5"	5"	3,0
BB-03	Centrífuga de succión inundada para lodos	Eddy Pump	HD 5000	5"	5"	3,0
BB-04	Pistón con válvula de bola	Putzmeister	KOV 1470	6"	6"	97
BB-05	Centrífuga	Czerweny	CM65-125B	2"	2"	5,6
BB-06	Vertical multietapa	Czerweny	BL 8-12	2"	2"	5,6

Bomba	Tipo	Fabricante	Modelo	Diámetro aspiración	Diámetro impulsión	Potencia (kW)
BB-07	Centrífuga	Czerweny	CM65-125B	2"	2"	5,6
BB-08	Centrífuga de succión inundada para lodos	Eddy Pump	HD2K	2"	2"	1,0

4.9.2.1. Cálculo de caudal de bomba de hormigón

Para la selección de la bomba de hormigón se toma en cuenta los criterios de altura requerida y los derivados de la selección del tanque de mezcla. La descarga o colado de cada lote de mezcla se realiza en 3 min, por ende, el caudal de salida tiene que ser $\frac{3,04m^3}{3min} \times \frac{60min}{h} = 61 \frac{m^3}{h}$. La bomba seleccionada es el modelo KOV 1470.

Type	Output*		Delivery pressure**		Delivery cylinder length		Delivery cylinder Ø		Length (L)		Width (W)		Height (H)	
	m³/h	gpm	bar	psi	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
KOV 1050	42	184.8	80	1160	1000	39.37	180	7.09	3300	129.92	730	28.74	1050	41.34
KOV 1470	70	308	50	725	1400	55.12	230	9.06	4100	161.42	730	28.74	1050	41.34
KOV 550 DUO	2 x 11	2 x 48.4	80	1160	500	19.69	180	7.09	2250	88.58	1100	43.31	920	36.22
KOV 1020 DUO	2 x 6	2 x 26.4	55	798	1000	39.37	100	3.94	3000	118.11	600	23.62	980	38.58
KOV 1050 DUO	2 x 20	2 x 88	80	1160	1000	39.37	180	7.09	3300	129.92	1100	43.31	920	36.22

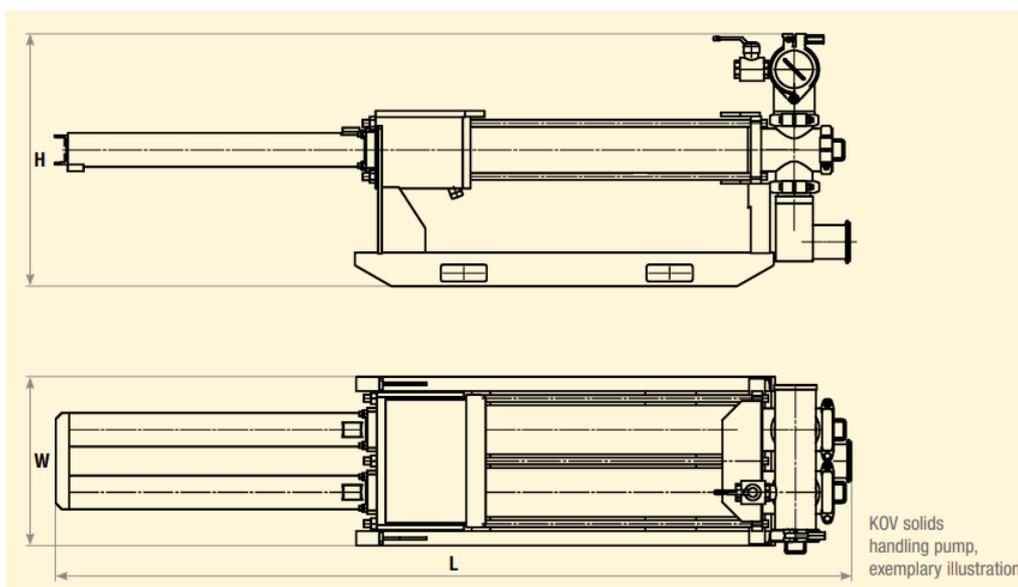


Figura 54. Croquis de las dimensiones principales de la bomba de hormigón seleccionada. Fuente: Putzmeister Concrete Pumps GmbH, <https://www.putzmeister.com/documents/20127/160380/KOV+Prospekt+DE.pdf/875e2950-1956-1345-3fbc-f396d70ffa26?t=1688718378985>.

4.10. Cálculo y adopción de equipos de transporte

4.10.1. Cargador frontal

Fabricante	XCMG	
Modelo	LW180K	
Motor	YUCHAI	
Potencia del motor	84 HP (62 kW)	
Capacidad de carga	1,8 tn	
Capacidad del balde	1,0 m ³	

4.10.2. Autoelevador

Fabricante	MICHIGAN	
Modelo	ME3 45T - 10582130N.C	
Motor	Hanomag	
Potencia del motor	54 HP (40 kW)	
Capacidad de carga	3.000 kg	
Altura máxima de carga	4500 mm	
Velocidad de trabajo	19 km/h	
Peso operativo	4600 Kg	
Largo	2680 mm	
Largo uña elevadora	1070 mm	
Ancho	1225 mm	
Alto	2120	

Figura 55. Vista del autoelevador con carga sobre pallet de madera.
 Fuente: Michigan Autoelevadores,
<https://www.michiganweb.com.ar/autoelevador/6>.

4.10.3. Elevador de cangilones para cemento, cal y yeso

Fabricante		Martin Sprocket
Modelo		C127-131
Capacidad máxima		1765 pie ³ /h
Tipo de descarga		Centrífuga
Cangilones	Ancho	12"
	Profundidad	7 ¼"
	Separación	16"
	Material	Polietileno
Cadena		N102B
Material chapa		SAE 1010
Potencia		3 kW
Altura		14 m

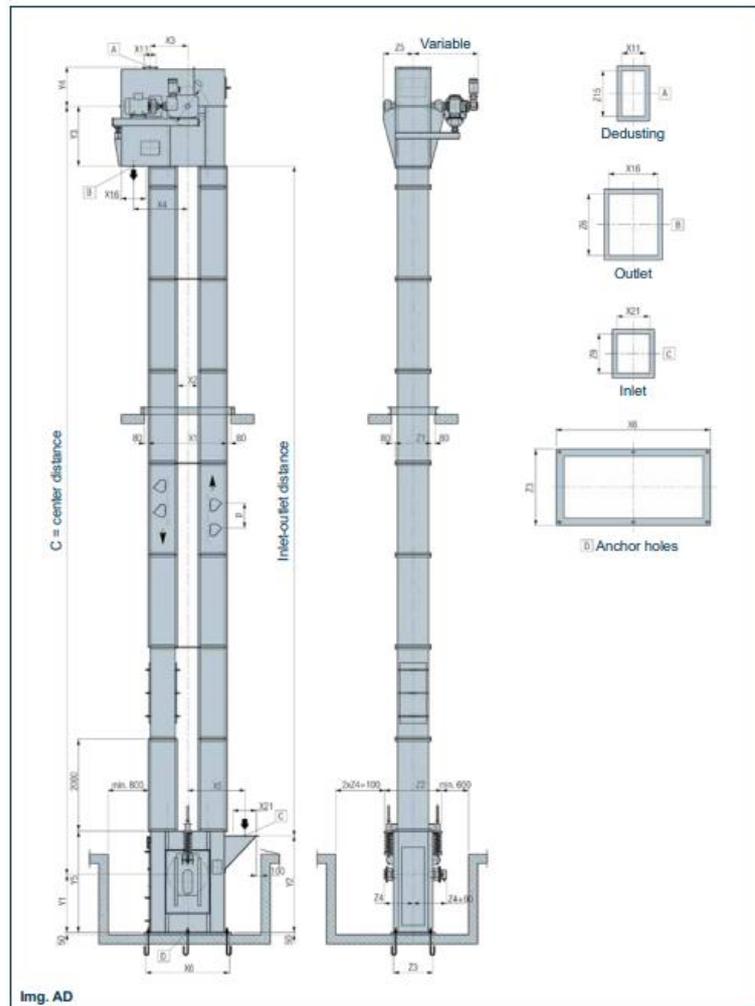


Figura 56. Croquis de dimensiones principales de elevador de cangilones. Fuente: GAMBAROTTA GSCHWENDT GmbH Advanced Conveyor Technology, https://www.rauscher-holstein.at/attachments/article/595/EN18_R1901_BUCKET%20ELEVATORS_low.pdf

Elevator	Capacity	Buckets				Chain			Lump Size		Nominal Casing Size		Head Sprocket			Boot Sprocket		
	Max CFH	Width	Proj.	Depth	Spacing	Number	Pitch	F.P.M.	100%	10%	Width	Depth	# Teeth	Pitch Dia.	RPM	# Teeth	Pitch Dia.	Shaft Dia.
C43-108	73	4	2.75	3	9.25	977	2.380	125	.5	1	8	18	10	7.50	63.7	10	7.5	1.500
C64-121	250	6	4	4.25	16	N102B	4.000	250	.5	3	11.75	39	16	20.50	39.4	14	18	1.500
C85-121	530	8	5	5.5	16	HSB102B	4.000	225	.75	3	11.75	39	16	20.50	41.9	10	13	1.500
C85-124	590	8	5	5.5	16	HSB102B	4.000	250	1	3.5	13.75	42	19	24.25	39.4	14	18	2.000
C106-124	1010	10	6	6.25	16	N102B	4.000	250	1.25	3.5	13.75	48	19	24.25	39.4	16	20.5	2.000
C127-125	1425	12	7	7.25	18	HSB110	6.000	250	1.25	4	15.75	48	13	25.00	38.2	9	17.5	2.438
C127-131	1765	12	7	7.25	16	N102B	4.000	275	1.25	4	17.75	54	24	30.50	34.4	19	24.25	2.438
C147-131	2135	14	7	7.25	16	N102B	4.000	275	1.25	4	19.75	54	24	30.50	34.4	19	24.25	2.438
C168-131	2800	16	8	8.5	18	HSB110	6.000	275	1.5	4.5	19.75	54	16	30.75	34.2	11	21.25	2.438
C188-131	3220	18	8	8.5	18	HSB110	6.000	275	1.5	4.5	24.75	54	16	30.75	34.2	11	21.25	2.438
C208-131	3460	20	8	8.5	18	HSB110	6.000	275	1.5	4.5	24.75	54	16	30.75	34.2	11	21.25	2.438
C248-131	4700	24	8	8.5	18	HSB833	6.000	275	1.5	4.5	30.75	54	16	30.75	34.2	11	21.25	3.000
C2410-131	6520	24	10	10.5	18	HSB833	6.000	275	2	4.5	30.75	54	16	30.75	34.2	11	21.25	3.000

All Dimensions in inches.
 Max. CFH capacity is at 75% bucket load.
 Consult Martin for head shaft size and horsepower requirements.
 Other chain may be substituted based on chain pull requirements.

4.10.4. Tolva de arena

Fabricante	EUROMAX
Modelo	Cinta de carga y distribución de áridos
Material chapa	SAE1045 espesor 3/16"
Capacidad máxima	524 tn/h
Capacidad de la tolva	3-5 tn
Potencia	7,35 kW (10 HP)
Transporte	Cinta de 24" con banda de goma listonada de nylon
Largo	3,20 m
Ancho	2,48 m
Alto	3,03 m



Figura 57. Vista de la tolva de arena. Fuente: Euromax Argentina, <https://euromaxargentina.com.ar/cinta-de-carga-y-distribucion-de-aridos/>.

4.10.5. Transporte de tornillos para cemento, cal y yeso

Fabricante	Ferraz
Modelo	Tornillo dosificador
Ángulo de inclinación	30°
Material	Chapa pintada
Potencia	2 kW
Diámetro	250 mm



Figura 58. Transporte de tornillo sin fin con motor. Fuente:..

4.10.6. Puente grúa

Fabricante		TEEYER
Modelo		Tiling Hoister
Potencia	Motor de elevación	7,5 kW
	Motor de traslación puente	1,9 kW
	Motor de traslación carro	1,5 kW
Alimentación		Trifásico AC, 50Hz/60Hz, 220V-660V
Capacidad máxima		10 tn
Luz		8 m



Figura 59. Puente grúa con brazo de volteo para moldes. Fuente: TEEYER, <https://teeyer-acline.com/6-3-rotating-hoister.html>.

4.10.7. Empujador de moldes

Fabricante	SANKON TECH
Modelo	Friction Drive Wheel
Potencia	0,75 kW
Alimentación	Trifásico 320V

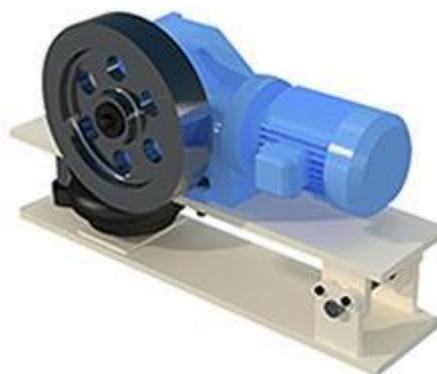


Figura 60. Motor empujador para moldes y carros. Fuente: Sankon Tech, <http://aac-equipment.com/4-3-friction-drive-wheel.html>.

4.10.8. Transporte de cadenas para pallets

Fabricante	SANKON TECH	
Modelo	Strand Chain conveyor	
Potencia	3 kW	
Distancia máxima de acarreo	6 m	
Alimentación	Trifásico 320V	

Figura 61. Transporte de cadena para pallets. Fuente: Sankon Tech, <http://aac-equipment.com/4-9-packing-conveyor.html>.

4.11. Instalaciones auxiliares

4.11.1. Provisión de agua. Instalaciones requeridas, cálculo y adopción, cañerías.

4.11.1.1. Cálculo de volumen de agua previsto

El agua es provista por la administración del Parque Industrial Campana. El abastecimiento de agua se hará hacia el tanque cisterna, con un caudal de explotación de hasta 10 m³/h. La base de cálculo es el agua consumida en el año 10 con capacidad nominal de 90.000 m³ de PT.

Agua de proceso

El agua ingresa al proceso principalmente a través de la operación de molienda. También se prevé un ingreso al circuito de generación de vapor para compensar una purga del 5% de agua de la caldera.

Operación	Requerimiento	Unidad	Consumo semanal (L)	Consumo anual (L)
Molienda	1,5	m ³ /h	201.273	9.594.000
Generación de Vapor	130	kg/h	17.390	828.942
Total			218.663	10.422.942

Tabla 22. Consumos de agua de proceso.

Agua para consumo humano

Para el cálculo de la cantidad necesaria de agua para consumo humano se toma el volumen requerido por la ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, reglamentada por el Decreto 351/1979, que es de 50 litros por persona y jornada.

Área	Cantidad de empleados	Consumo diario (L)	Consumo semanal (L)	Consumo anual (L)
Gerencia	1	50	250	13.000
Contable y Ventas	5	250	1.250	65.000
Producción	39	1.950	9.750	507.000
Personal	7	350	1.750	91.000
Total	52	2.600	13.000	676.000

Tabla 23. Consumo de agua para uso humano.

Agua para limpieza

Para el cálculo de la cantidad necesaria de agua para la limpieza de equipos se toma un volumen igual al volumen útil de los tanques de suspensión, mezcla y de los moldes, mientras que se toma un volumen igual al 50% de su capacidad para el caso del molino y un 20% para los autoclaves, en base semanal.

Equipo	Volumen (m ³)	Consumo semanal (L)	Consumo anual (L)
Autoclave (20%, 3 u.)	93	93.200	4.846.395
Molino (50%)	3	2.545	132.324
Moldes (9 u.)	49	48.600	2.527.200
Tanques de suspensión (2 u.)	22	21.600	1.123.200
Tanque de mezcla (1 u.)	4	3.800	197.600
Total	170	169.745	8.826.719

Tabla 24. Consumo de agua para limpieza.

Agua en caso de incendios

Para el cálculo de provisión de agua contra incendios se toma la recomendación de 10 litros de agua por metro cuadrado de superficie. Se considera que este volumen es abastecido por el proveedor de servicios en el primer año de operación de la planta.

Superficie (m ²)	Reserva de agua (L)
8.000	80.000

Tabla 25. Consumo de agua para reserva contra incendios.

4.11.1.2. Selección de tanques

Los tanques se seleccionan teniendo en cuenta un tiempo de residencia de 1 día en periodo de producción.

Tanque	Requerimiento anual (L)	Días de producción por año	Volumen requerido (L)
Cisterna	20.016.662	335	59.826
Elevado de AP	20.016.662	335	59.826
Recupero de condensado	16.578.846	335	49.551
Sistema contra incendios	Reserva permanente	Reserva permanente	80.000

Tanque cisterna

Fabricante	BRICHER
Modelo	Fondo plano
Volumen	60.000 L
Material	PRFV
Diámetro	4000 mm
Altura total	5675 mm



Figura 62. Tanque cisterna de 60.000 L. Fuente: Tanques Bricher, <https://bricher.com.ar/>.

Tanque elevado de agua de proceso

Fabricante	BRICHER
Modelo	Torre reticulada
Volumen	60.000 L
Material	PRFV
Diámetro	4000 mm
Altura sin patas	6095 mm
Altura total	20 m



Figura 63. Torre tanque. Fuente: Fuente: Tanques Bricher, <https://bricher.com.ar/>.

Tanque de recupero de condensado

Fabricante	BRICHER
Modelo	Fondo plano
Volumen	50.000 L
Material	PRFV
Diámetro	4000 mm
Altura sin patas	4880 mm



Figura 64. Tanque cisterna de 50.000 L. Fuente: Tanques Bricher, <https://bricher.com.ar/>.

Tanque de sistema contra incendios

Fabricante	BRICHER
Modelo	Horizontal con cunas de apoyo
Volumen	80.000 L
Material	PRFV
Diámetro	3200 mm
Largo total	10430 mm



Figura 65. Tanque horizontal de reserva. Fuente: Fuente: Tanques Bricher, <https://bricher.com.ar/>.

4.11.2. Provisión de vapor. Instalaciones requeridas, cálculo y adopción.

El vapor se utiliza como medio de calefacción para el proceso de curado en autoclave. En el diseño del equipo se calculó la demanda energética por ciclo del mismo. Para efectuar el ciclo se requiere provisión de vapor saturado a una presión de 12 bar manométricos. El vapor se generará a través de una caldera humotubular de media, utilizando combustible gaseoso y cumpliendo los requisitos tanto de presión como de caudal de abastecimiento.

A continuación, se realiza el cálculo del caudal de vapor requerido. Como se obtuvo anteriormente, en el momento de mayor demanda el calor necesario es de:

$$\dot{Q}_{\text{Calentamiento}} = 2,01 \text{ MW}$$

Teniendo en cuenta que puede llegar a darse el caso de operación simultánea de los 3 autoclaves, el valor esperado de máxima demanda será:

$$\dot{Q}_{\text{máx}} = 3 \times 2,01 \text{ MW} = 6,03 \text{ MW}$$

Este calor es entregado por el vapor, por lo tanto, el caudal de vapor, \dot{m}_v , se obtiene a partir de:

$$\dot{Q}_{m\acute{a}x} = \dot{m}_v \times (h_{vs} - h_{fl})$$

donde se considera que la masa de vapor que entra es igual a la masa de condensado que abandona el equipo y que lo hace a temperatura de saturaci3n a presi3n ambiente, h_{vs} es la entalpia especifica del vapor saturado a 12 barg y h_{fl} es la entalpia especifica del liquido saturado a presi3n de 1 atm.

$$\dot{m}_v = \frac{6030 \text{ kW}}{2786,53 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 418,989 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 2,54 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \equiv 9,15 \frac{\text{tn}}{\text{h}} \text{ de vapor}$$

4.11.2.1. Selecci3n de caldera

El generador de vapor seleccionado corresponde a la caldera de vapor UNIVERSAL UL-S Modelo 10000 del fabricante BOSCH. Las especificaciones se resumen a continuaci3n:

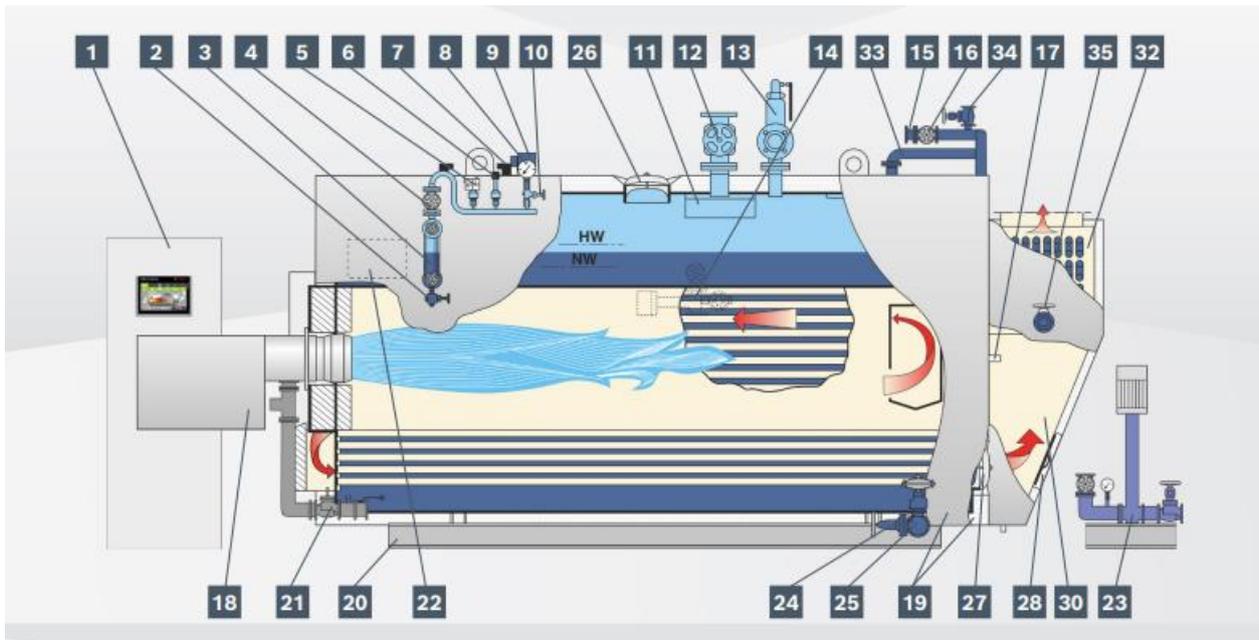
Medio de calefacci3n	Vapor saturado	
Diseño	Humotubular de tres pasos	
Caudal de vapor	10 tn/h	
Presi3n de diseño	Hasta 30 barg	
Temperatura máxima	Hasta 235°C	
Combustibles aptos	Fuel-oil, Gas	
Diámetro	2800 mm	
Ancho total	3017 mm	
Largo total	7787 mm	
Altura	3732 mm	
Cantidad de soportes	4	

Figura 66. Vista esquemática del interior de la caldera seleccionada. Fuente: BOSCH, <https://www.bosch.com.ar/productos-y-servicios/industria-y-negocios/termotecnologia/calderas-de-vapor/>.

Entre las ventajas comparativas que se ponderaron para la selecci3n se encuentran:

- Un alto nivel de eficiencia gracias a la tecnología de tres pasos, un economizador integrado y un eficaz aislamiento térmico.
- Se puede instalar de forma rápida y tiene mantenimiento bajo, con cableado simplificado in-situ de conexiones enchufables. La inspecci3n es sencilla tanto del lado de los gases de combusti3n como del lado del agua.
- Produce bajas emisiones, por debajo de 50 mg de NO_x.
- Asegura la constancia de la presi3n y calidad del vapor, incluso frente a grandes fluctuaciones, gracias a una regulaci3n de tres componentes.
- Tiene una gran superficie de intercambio de calor gracias a su diseño asimétrico.
- Puede utilizarse universalmente con diferentes combustibles.
- Tiene un diseño probado miles de veces en la práctica que ha demostrado ser duradero y fiable.

El siguiente es un esquema del equipo con referencias a los componentes principales:



Referencias

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Gabinete de control | 18. Quemador |
| 2. Válvula de descarga | 19. Aislamiento con cubierta protectora |
| 3. Indicador de nivel | 20. Bastidor/Cuadro soporte |
| 4. Válvula de cierre manométrica | 21. Módulo de regulación de gas |
| 5. Limitador de presión | 22. Bornera |
| 6. Transductor de presión (4-20 mA) | 23. Módulo de bombeo |
| 7. Electrodo limitador de nivel bajo | 24. Válvula de limpieza |
| 8. Manómetro | 25. Válvula de seguridad de accionamiento rápido |
| 9. Transductor de nivel (4-20 mA) | 26. Abertura de inspección, lado vapor |
| 10. Válvula de cierre del manómetro | 27. Abertura de inspección, lado del agua |
| 11. Trampa de vapor | 28. Abertura de inspección, lado gases |
| 12. Válvula de extracción de vapor | 30. Cámara de gases |
| 13. Válvula de seguridad | 32. Economizador |
| 14. Medidor de conductividad | 33. Tubería de conexión ECO/caldera |
| 15. Válvula antirretorno de agua | 34. Válvula de cierre de purga del ECO |
| 16. Válvula de agua de alimentación | 35. Válvula de limpieza del ECO |
| 17. Orificio de inspección | |

4.11.3. Provisión de combustibles. Instalaciones requeridas, cálculo y adopción.

El combustible utilizado es gas natural del suministro del Parque Industrial Campana. La provisión es a través de la empresa Gas Natural BAN S.A. (también conocida como Distribuidora de Gas Buenos Aires Norte). La presión del suministro es de 15 kg/cm². El diámetro de la conducción de acceso principal es de 4".

El cálculo de la demanda de combustible se deriva de la cantidad de vapor necesaria y por extensión, de la cantidad de energía consumida para generar ese vapor.

$$\dot{Q} = 6,03 \text{ MW}$$

$$\dot{m}_{GN} = \frac{\dot{Q}}{PCI} = \frac{6030 \text{ kW} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}{34 \frac{\text{MJ}}{\text{Nm}^3} \times 1000 \frac{\text{kJ}}{\text{MJ}}} \equiv 638 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

En la siguiente tabla se resumen los consumos en forma anual y semanal.

Caudal de gas requerido (Nm ³ /h)	Tiempo de producción disponible por año (horas)	Consumo semanal (Nm ³)	Consumo anual (Nm ³)
638	5.389	73.207	3.440.718

Al ser conexión a red de gas no se requieren instalaciones de almacenamiento de combustible. La contratación del servicio se factura por lectura en medidor.

El consumo de combustibles líquidos para la operación del cargador frontal y autoelevadores se muestra a continuación.

Transporte	Cantidad	Consumo (L/h)	Tiempo de funcionamiento anual (h)	Consumo total (L/año)
Cargador frontal	1	4,5	4850	21.825
Autoelevador	3	3	4850	43.650

La carga de combustible se realiza de forma tercerizada como servicio del parque industrial, por lo que no se requiere tanque de almacenamiento de combustible en planta.

4.12. Tratamiento de efluentes

4.12.1. Instalaciones requeridas, cálculo y adopción de equipos

El único efluente que genera el proceso es la purga del agua de la caldera. El tipo y calidad del efluente generado hacen posible su vuelco sin necesidad de tratamiento. El volcamiento está sujeto al cumplimiento de lo establecido por la Resolución N° 336/03 del Ministro de Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, en su anexo II. La descarga se realiza por colectora cloacal ubicada dentro del Parque Industrial.

Los parámetros de calidad, adecuados a este tipo de efluente (temperaturas moderadas, sin carga orgánica, levemente corrosivo, posible contaminación con metales), que deberán evaluarse en forma mensual son:

Parámetro		Límite para descarga cloacal
Temperatura		≤45°C
pH		7,0-10
Sólidos sedimentables	10 minutos	Ausentes
	2 horas	≤5,0 ml/L
Sulfatos		≤1000 mg/L
DQO		≤700
Sulfatos		≤1000 mg/L
Aluminio		≤5 mg/L
Hierro (soluble)		≤10 mg/l

También se generan residuos sólidos del rechazo de material. Se prevé su acopio dentro del terreno y su posterior retiro por medio de una empresa tercerizada.

4.12.2. Cálculo y adopción de equipos para movimiento de fluidos y cañerías

No corresponde.

4.13. Instalaciones eléctricas

4.13.1. Determinación de la fuerza motriz necesaria

La siguiente es una tabla de la fuerza motriz necesaria para la operación de motores de equipos, bombas y transportes. En los totales se obtiene la potencia convenida que debe contratarse con el proveedor del suministro eléctrico en kW y la demanda en forma mensual y anualizada en kWh. El mayor consumo se encuentra inequívocamente en la operación del molino de bolas.

Código	Equipo	Potencia (kW)	Tiempo de uso anual (horas)	Consumo anual (kWh)	Consumo mensual (kWh)
MB-01	Molino de bolas	55,0	5.389	296.395	26.945
TK-01	Agitador TK Suspensión 1	7,5	2.695	20.093	1.827
TK-02	Agitador TK Suspensión 2	7,5	2.695	20.093	1.827
TK-03	Agitador TK Mezcla	45,0	449	20.205	1.837
CO-01	Cortadora	18,0	946	17.028	1.548
SE-01	Separadora	30,0	946	28.380	2.580
PA-01	Paletizadora	5,0	946	4.730	430
EB-01	Embaladora	2,2	946	2.081	189
BB-01	Bomba de lechada	0,2	2.695	539	49
BB-02	Bomba de lechada	3,0	2.695	8.084	735
BB-03	Bomba de lechada	3,0	5.389	16.167	1.470
BB-04	Bomba de hormigón	97,0	449	43.553	3.959
BB-05	Bomba de agua	5,6	5.389	30.178	2.743
BB-06	Bomba de caldera	5,6	5.389	30.178	2.743
BB-07	Bomba de agua	5,6	5.389	30.178	2.743
BB-08	Bomba de barro	1,0	2.695	2.695	245
TR-01	Tolva de arena	7,4	5.389	39.609	3.601
TR-02	Elevador de cemento	3,0	116	348	32
TR-03	Elevador de cal	3,0	116	348	32
TR-04	Elevador de yeso	3,0	116	348	32
TR-05	Tornillo de cemento	2,0	449	898	82
TR-06	Tornillo de cal	2,0	449	898	82
TR-07	Tornillo de yeso	2,0	449	898	82
TR-08	Puente grúa 1	10,9	1.796	19.576	1.780
TR-09	Puente grúa 2	10,9	1.796	19.576	1.780
TR-10	Puente grúa 3	10,9	1.796	19.576	1.780
TR-11	Dosificadora de pasta	0,2	58	12	1
TR-12	Empujador de moldes 1	0,8	112	84	8
TR-13	Empujador de moldes 2	0,8	112	84	8
TR-14	Empujador de moldes 3	0,8	112	84	8
TR-15	Empujador de moldes 4	0,8	112	84	8
TR-16	Empujador de moldes 5	0,8	112	84	8
TR-17	Empujador de moldes 6	0,8	112	84	8
TR-18	Empujador de moldes 7	0,8	112	84	8
TR-19	Empujador de moldes 8	0,8	112	84	8
TR-20	Empujador de moldes 9	0,8	112	84	8
TR-21	Empujador de moldes 10	0,8	112	84	8
TR-22	Transporte de cadenas	21,0	946	19.866	1.806
Total		375	59.696	693.371	63.034

4.13.2. Iluminación

El cálculo de iluminación se basa en el decreto 351/79 de la ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el trabajo, el cual determina los requisitos mínimos por sector y actividad.

Tipo de local y tarea visual	Valor mínimo de servicio de iluminación (lux)
Preparación de las arcillas y amasado, molde, prensas, hornos y secadores	200
Depósito, almacenes y salas de empaque	100
Operaciones en general	300
Baños, comedores y cocinas	300
Oficinas	500
Pasillos y zonas comunes	200
Estacionamiento y circulación general	100

4.13.2.1. Cálculo general de la iluminación

Para el cálculo de iluminación se utilizaron las siguientes fórmulas correspondientes al método de cálculo de lúmenes. El flujo luminoso total se determina a partir de:

$$\Phi_t = \frac{E \times S}{c_u \times f_m}$$

Donde Φ_t es el flujo luminoso total, E el nivel de iluminación medio deseado, S la superficie del plano de trabajo, c_u el coeficiente de utilización y f_m el factor de mantenimiento. Luego, la cantidad de luminarias se determina a partir de:

$$N = \frac{\Phi_t}{n \times \Phi_i}$$

Donde Φ_t es el flujo luminoso total requerido, n es el número de lámparas por luminaria y Φ_i es el flujo luminoso de una lámpara.

Área	Local	Dimensiones			Plano de trabajo (m)	Altura de luminaria (m)	Requerimiento por sector (lux)	Índice de local k	Coeficiente de reflexión	Coeficiente de utilización Cu	Factor de mantenimiento fm	Flujo luminoso total (lm)
		Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)								
Producción	Preparación	21,64	15,65	10	0,85	7	200	2	0,3	0,44	0,8	192.424
	Cámaras de precurado	26,3	15,6	10	0,85	7	200	2	0,3	0,44	0,8	233.114
	Corte y Packaging	76,3	36,7	10	2.800	0,85	7	100	0,3	0,63	0,8	555.597
	Curado	37,66	23,57	10	888	0,85	7	300	0,3	0,53	0,8	628.052
	Sala de máquinas	14	8	5	112	0,85	3	200	0,3	0,44	0,8	63.636
	Laboratorio	7,48	7	3	52	0,85	3	500	1,4	0,3	0,8	45.451
	Sala de control	7,48	2,4	3	18	0,85	3	500	0,7	0,3	0,8	15.583
	Oficina de supervisores	7,5	5,03	3	38	0,85	3	500	1,2	0,3	0,8	32.747
	Baños y vestuarios	7,48	6,82	3	51	0,85	3	300	1,4	0,3	0,8	26.570
	General	10,13	8,42	3	85	0,85	3	200	1,8	0,3	0,8	29.616
Comedor	Cocina	10,13	4,55	3	46	0,85	300	1,2	0,3	0,72	0,8	24.006
	Oficina de Gerencia	7,5	5,2	3	39	0,85	500	1,2	0,3	0,72	0,8	33.854
Gerencia, Personal y Ventas	Sala de Reuniones	7,5	7,41	3	56	0,85	500	1,5	0,3	0,72	0,8	48.242
	Oficina de Ventas	7,5	7	3	53	0,85	500	1,4	0,3	0,72	0,8	45.573
	Oficina de Personal	3,6	3,38	3	12	0,85	500	0,7	0,3	0,72	0,8	10.563
	Baños y vestuarios	4	3,6	3	14	0,85	300	0,7	0,3	0,72	0,8	7.500
	Hall y pasillos	37	2,5	3	93	0,85	200	0,9	0,3	0,72	0,8	32.118
	Estacionamiento	36,46	27,6	6	1.006	0,85	6	100	3,4	0,3	0,52	241.898
Externas	Control de cargas	30	7	6	210	0,85	300	1,2	0,3	0,52	0,8	151.442
	Descarga de MP	18	3,2	8	58	0,85	300	0,5	0,3	0,52	0,8	41.538
	Calles internas	600	6,5	8	3.900	0,85	100	1,1	0,3	0,52	0,8	937.500
TOTAL												3.397.025

Tabla 26. Cuadro de requerimientos de iluminación por sector. Fuente: Elaboración propia.

4.13.2.2. Instalaciones necesarias

A continuación, se muestran las luminarias seleccionadas del catálogo de la empresa Philips, se detalla el número de lámparas requeridas por sector y la energía consumida por las mismas.

Modelo	Tipo de lámpara	Imagen	Sector	Flujo luminoso (lum)	Potencia (W)
GreenPerform Highbay Rectangular BY570X LED250/CW	LED		Producción	25000	190
Essential LED Panel RC035	LED		Oficinas y Administración	4000	40
SmartBright Road	LED		Externas	20000	150

Tabla 27. Catálogo de lámparas utilizadas. Fuente: Elaboración propia.

Área	Local	Flujo luminoso total (lm)	Flujo luminoso por lámpara	Lámparas por luminaria	Número de luminarias	Potencia de lámpara (W)	Potencia total (kW)	Tiempo de encendido (h/año)	Energía consumida (kWh/año)
Producción	Preparación	192.424	25.000	1	8	190	1,5	5.389	7.881
	Cámaras de precurado	233.114	25.000	1	9	190	1,8	5.389	9.547
	Corte y Packaging	555.597	25.000	1	22	190	4,2	5.389	22.755
	Curado	628.052	25.000	1	25	190	4,8	5.389	25.723
	Sala de máquinas	63.636	25.000	1	3	190	0,5	5.389	2.606
	Laboratorio	45.451	4.000	1	11	40	0,5	5.389	2.449
	Sala de control	15.583	4.000	1	4	40	0,2	5.389	840
	Oficina de supervisores	32.747	4.000	1	8	40	0,3	5.389	1.765
	Baños y vesturarios	26.570	4.000	1	7	40	0,3	5.389	1.432
	General	29.616	4.000	1	7	40	0,3	5.389	1.596
Comedor	Cocina	24.006	4.000	1	6	40	0,2	5.389	1.294
	Oficina de Gerencia	33.854	4.000	1	8	40	0,3	5.389	1.824
Gerencia, Personal y Ventas	Sala de Reuniones	48.242	4.000	1	12	40	0,5	5.389	2.600
	Oficina de Ventas	45.573	4.000	1	11	40	0,5	5.389	2.456
	Oficina de Personal	10.563	4.000	1	3	40	0,1	5.389	569
	Baños y vesturarios	7.500	4.000	1	2	40	0,1	5.389	404
	Hall y pasillos	32.118	4.000	1	8	40	0,3	5.389	1.731
Externas	Estacionamiento	241.898	20.000	1	12	150	1,8	2.695	4.888
	Control de cargas	151.442	20.000	1	8	150	1,1	2.695	3.060
	Descarga de MP	41.538	20.000	1	2	150	0,3	2.695	839
	Calles internas	937.500	20.000	1	47	150	7,0	2.695	18.946
TOTAL		3.397.025			223		27		115.207

Tabla 28. Distribución y consumo de luminarias por sector. Fuente: Elaboración propia.

4.14. Terreno y edificios

4.14.1. Terreno, medidas y características del mismo, régimen de ocupación

El terreno se encuentra emplazado en el Lote 5 del Parque Industrial Campana, Au. Ruta Nacional 9 km 70,4 en Buenos Aires, Argentina. Tiene una superficie total de 35.090 m² con acceso a calle interna por el margen sureste y linda en las otras direcciones con otros emplazamientos industriales o terrenos vacíos. Las dimensiones del terreno son 145 metros de frente por 242 metros de fondo.



Figura 67. Vista aérea del terreno de emplazamiento de la planta industrial. Fuente: Recuperado de Google Maps.

El terreno está a la venta por la administración del Parque Industrial y será inmueble propiedad de la empresa.

4.14.2. Edificios y otras obras civiles

Los edificios son para el resguardo del personal, equipos y depósitos de MP e insumos. La construcción es en un solo nivel. Los locales que componen la planta son:

Sector de producción

1. Zona de descarga de MP
2. Zona de preparación
3. Zona de precurado
4. Zona de corte
5. Zona de curado en AC
6. Zona de packaging
7. Depósito de insumos
8. Marquesina de carga de PT
9. Sala de Máquinas
10. Oficinas de producción
11. Laboratorio
12. Sala de control
13. Baños y vestuarios

Sector administrativo y de uso general

1. Oficina de Gerencia
2. Sala de Reuniones
3. Oficina de Ventas
4. Oficina de Personal

5. Hall y pasillos
6. Comedor/Cocina
7. Baños y vestuarios

Externos

1. Guardia y Recepción
2. Estacionamiento
3. Control de cargas
4. Calles internas

4.14.2.1. Sector productivo

El sector productivo está techado, formando una nave industrial. Esta nave alberga en forma completa la zona de preparación, la zona de precurado, la línea de corte, la zona de ingreso al curado en autoclave. Los autoclaves se encuentran a la intemperie con su longitud 5 m incluida en la nave industrial. También, dentro de la nave esta la zona de packaging y el depósito de insumos. La zona de descarga de MP y la marquesina de carga están en su mayoría al descubierto.

En este sector está también la sala de control, el laboratorio y los baños y vestuarios del personal de producción.

Nave de producción

La nave donde ocurre el proceso tiene dimensiones 76,3 x 60,3 m. Los techos son a dos aguas, de chapa pintada de acero con revestimiento de cinc/aluminio y tienen una altura de 10 m. Las columnas que soportan la estructura son de hormigón. Las paredes externas están hechas de bloques de HCCA de 25 cm de espesor, el lado externo es con terminación de ladrillo a la vista de características similares al que se producirá. Cuenta con 4 portones de acceso para el traslado de materiales y maquinaria. El piso es de cemento alisado.

Sala de máquinas

La sala de máquinas alberga la caldera y sus accesorios. Tiene dimensiones de 8 m x 14 m. Los requerimientos se ajustan al Código de Edificación de Buenos Aires. La sala de máquinas se ubica a más de 3 m de la Línea Oficial y de los ejes divisorios entre predio. El local destinado a la caldera se encuentra separado de los demás recintos y está formado por un muro de hormigón con revestimiento incombustible e ignífugo. No tiene por encima ni por debajo locales destinados a viviendas o locales de trabajo, y está cubierto por un techo liviano de chapa Cincalum prepintada. La estructura de las paredes y la que soporta los techos es independiente del resto de las edificaciones.

La sala tiene una ventilación permanente al exterior mediante vano de dimensiones 3,5 x 5 m. Cuenta con chimenea para evacuar los gases de combustión. Las paredes tienen aberturas enrejadas para asegurar una entrada constante y suficiente de aire exterior. Los equipos están situados a una distancia de 1,2 m de las paredes. No tiene comunicación con locales para medidores de gas ni contiene garrafas. La sala no contiene materiales combustibles ni funciona como depósito, tampoco se desarrollan tareas ajenas al manejo o conservación de los equipos térmicos.

Sala de control

La sala de control está ubicada en un extremo de la línea de producción. Tiene un ventanal que permite observar las operaciones y espacio para escritorio y computadoras.

Laboratorio

Las dimensiones son de 7,5 x 7 m por 3,5 m de altura. Las paredes estarán recubiertas con azulejos, con techo de cielorraso y suelo de cemento alisado. Existe conexión de agua y gas. Cuenta con 4 mesadas y bancos de trabajo, 3 escritorios y depósito de almacenamiento de insumos.

Depósito de insumos

El depósito de insumos está ubicado contiguo a la zona de preparación y tiene racks en tres niveles para albergar pallets de insumos, accesibles con zorra de carga. El lado externo tiene una abertura en forma de vano que permite el ingreso de material con autoelevador. El piso es de cemento alisado.

Playa de almacenamiento de PT

El producto terminado se almacena a la intemperie hasta en tres niveles en una playa pavimentada de 40 m x 30 m en cercanía a la salida de línea de producción.

Baños y vestuarios

Los baños cuentan con sanitarios, lava manos y duchas. Las paredes estarán recubiertas con azulejos, con techo de cielorraso y suelo de baldosas.

Oficinas de supervisores

La oficina de supervisores está situada en proximidad a la sala de control y al ingreso a línea. Tiene una capacidad de trabajo de 4 personas en escritorios con PC y acceso a internet y sillas para atender al personal. El piso es de cemento alisado y las paredes son de recubrimiento látex.

4.14.2.2. Sector administrativo y de uso general

Se encuentra en las inmediaciones del ingreso a planta y detrás de la playa de estacionamiento. Cuenta con hall de entrada, sala de reuniones, oficinas de ventas, oficina de administración del personal y oficina del gerente. También se encuentra en este sector el comedor de planta con su cocina aledaña y los baños de la administración.

Las paredes son de mampostería, de bloques de hormigón celular con revoque del lado interno recubiertas con pintura látex de interiores. Los pisos son de cemento alisado. El techo tiene una altura de 3,5 m con cielorraso y será de chapa con aislante y revestimiento de PVC. Las aberturas son de aluminio.

Comedor

El comedor cocina es un recinto con 3 mesas con capacidad para 36 personas. El ingreso es desde el pasillo que comunica el sector de producción con el exterior. Las paredes están pintadas con recubrimiento látex lavable, el piso es de cemento alisado y cielorraso de 3,5 m de altura.

4.14.2.3. Áreas externas

Acceso y cerco perimetral

El acceso es a través de un portón corredizo automático de 10 m de ancho por 3 m de altura. El cerco perimetral es de alambre tejido con una altura de 3 m y sostenido por columnas de hormigón con separación cada 6 m.

Circulación interna

Los caminos internos son pavimentados e iluminados. El ancho de la calzada es de 6,50 m para albergar dos camiones en paralelo. La longitud de la calle es de 600 m. Las calles internas rodean la planta permitiendo la circulación fluida de los transportistas. El sentido de circulación está establecido para permitir la descarga de MP cuando el camión ingresa a planta y la carga de producto cuando abandona la misma. La circulación se realiza teniendo en cuenta las leyes de tránsito. La velocidad máxima de circulación es de 20 km/h. Las calles internas están rodeadas por senderos pavimentados y cruces con senda peatonal.

Playa de maniobras

La playa de maniobras es una superficie pavimentada de aproximadamente 30 x 20 m que se ubica en la proximidad de la recepción y permite el giro de los camiones para acceder a los caminos

internos, la zona de descarga y a la báscula. También se prevé que los camiones puedan permanecer detenidos por un tiempo no prolongado en esta área.

Playa de estacionamiento

La playa de estacionamiento es de uso particular de automóviles del personal y visitas. La capacidad es de 20 autos y un espacio reservado para motos y bicicletas. La playa de estacionamiento es pavimentada.

4.15. Sistema de gestión de producción y de calidad

4.15.1. Sistema de gestión de producción previsto

La gestión de la producción se alinea estrechamente con los objetivos del área de ventas. Los departamentos colaboran estrechamente, asegurando que los procesos de producción estén alineados con las demandas del mercado y los plazos establecidos por los clientes. Esto se realiza por medio de la implementación de:

4.15.1.1. Programa y órdenes de producción

Las órdenes de producción son documentos que detallan la cantidad a producir, los materiales necesarios, los procesos a seguir y los plazos de entrega. La administración de órdenes de producción implica la planificación y coordinación eficientes de recursos humanos, materiales y maquinaria para garantizar la ejecución exitosa de cada orden. Los sistemas de gestión de producción, software especializado y la comunicación efectiva entre las áreas son fundamentales para una administración efectiva de órdenes de producción.

4.15.1.2. Órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo son documentos que detallan las tareas específicas de verificación y mantenimiento para garantizar la eficiencia de los equipos en la producción de los bloques. Los operarios de mantenimiento ejecutan estas órdenes que son generadas de manera periódica, de forma preventiva, y también de forma espontánea, tras inspecciones y análisis. El objetivo es minimizar tiempos de inactividad, sincronizándose con la producción y permitiendo ajustes para la eficiencia energética.

4.15.1.3. Seguimiento de indicadores (KPIs)

Los indicadores clave de rendimiento (KPIs) y sus objetivos son definidos por el Gerente y acordados con el Área de Producción. El líder de producción los monitorea de cerca para garantizar la eficiencia y cumplir con los plazos establecidos. Además, establece las medidas correctivas que considere necesarias. Algunos ejemplos son:

- Productividad (GLY).
- Eficiencia de equipos (OEE).
- Consumo de agua por m³ de producto.
- Consumo de vapor por m³ de producto.
- Consumo de energía eléctrica por m³ de producto.

4.15.1.4. Normas de higiene y seguridad

La seguridad del personal y la prevención de accidentes es primordial en la operación de la empresa. La empresa tendrá todo el equipamiento necesario para la operación segura y no continuará sus actividades ante un faltante o situación insegura. La empresa implementará registros e indicadores de comportamientos seguros, inseguros e incidentes. No se tolerarán faltas del personal a los procedimientos de seguridad. Las áreas serán responsables de analizar pertinentemente los riesgos ocupacionales (ARO). Las áreas tendrán personal designado para la elaboración de permisos de trabajo.

4.15.1.5. Sustentabilidad de los procesos

El personal de ingeniería y servicios desempeña un papel crucial en la sostenibilidad y eficiencia del proceso productivo. Un control meticuloso de los consumos energéticos y de agua se lleva a cabo con el objetivo de hacer que el proceso sea más eficiente, menos costoso y más respetuoso con el medio ambiente. Esta iniciativa no solo se alinea con los estándares de responsabilidad social corporativa, sino que también busca reducir la huella ambiental de la empresa.

4.15.2. Sistema de calidad previsto

La empresa implementará un sólido Sistema de Gestión de Calidad (SGC) para garantizar la excelencia en sus productos. Este enfoque se sustenta en conceptos fundamentales que abarcan desde el compromiso de la alta dirección hasta la participación activa de todo el personal.

El compromiso de la gerencia se refleja en la definición de la política de calidad, que establece los objetivos y la visión general del SGC. Esta política es comunicada a todos los niveles de la organización, creando un entendimiento común de la importancia de la calidad en todas las fases del proceso productivo.

Los puntos principales de la política de calidad y el SGC son:

4.15.2.1. Cumplimiento de requisitos legales

La empresa se asegura de cumplir con todos los requisitos legales y normativos relacionados con la producción de bloques y la operación industrial. Esto implica un constante monitoreo y actualización para adaptarse a cualquier cambio en las regulaciones pertinentes.

La empresa adoptará las medidas necesarias para asegurar la trazabilidad de todos sus productos y operaciones.

4.15.2.2. Estandarización

Todos los empleados son capacitados en herramientas de 5S y SDCA.

Las 5S son una metodología proveniente del ecosistema industrial japonés. Se centran en cinco principios: Seiri (clasificación), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarización) y Shitsuke (disciplina), cuyo objetivo es tener un lugar de trabajo ordenado, limpio, altamente productivo y con buen clima laboral.

El ciclo SDCA (Estandarizar, Hacer, Verificar, Actuar) se utiliza para mantener la estandarización en las operaciones diarias. La estandarización de procesos es el primer paso, seguido por la implementación de dichos estándares. Luego, se verifica la eficacia mediante auditorías y evaluaciones constantes, y cualquier desviación se aborda de inmediato, actuando para ajustar y mejorar.

4.15.2.3. Relación con el cliente

La empresa implementará un sistema de retroalimentación continuo que permite a los clientes expresar sus reclamos, comentarios y sugerencias a través de canales de atención web y telefónicos.

4.15.2.4. Evaluación y auditorías internas

El área de calidad, liderada por un jefe y conformada por dos analistas por turno en el laboratorio de ensayos, realiza evaluaciones periódicas y auditorías internas para garantizar la conformidad con los estándares establecidos. Además, se fomenta una cultura de autoevaluación en todos los empleados, quienes son conscientes de su responsabilidad en la aplicación de los principios de calidad en sus tareas cotidianas.

4.15.2.5. Auditorías externas y acreditación de normas

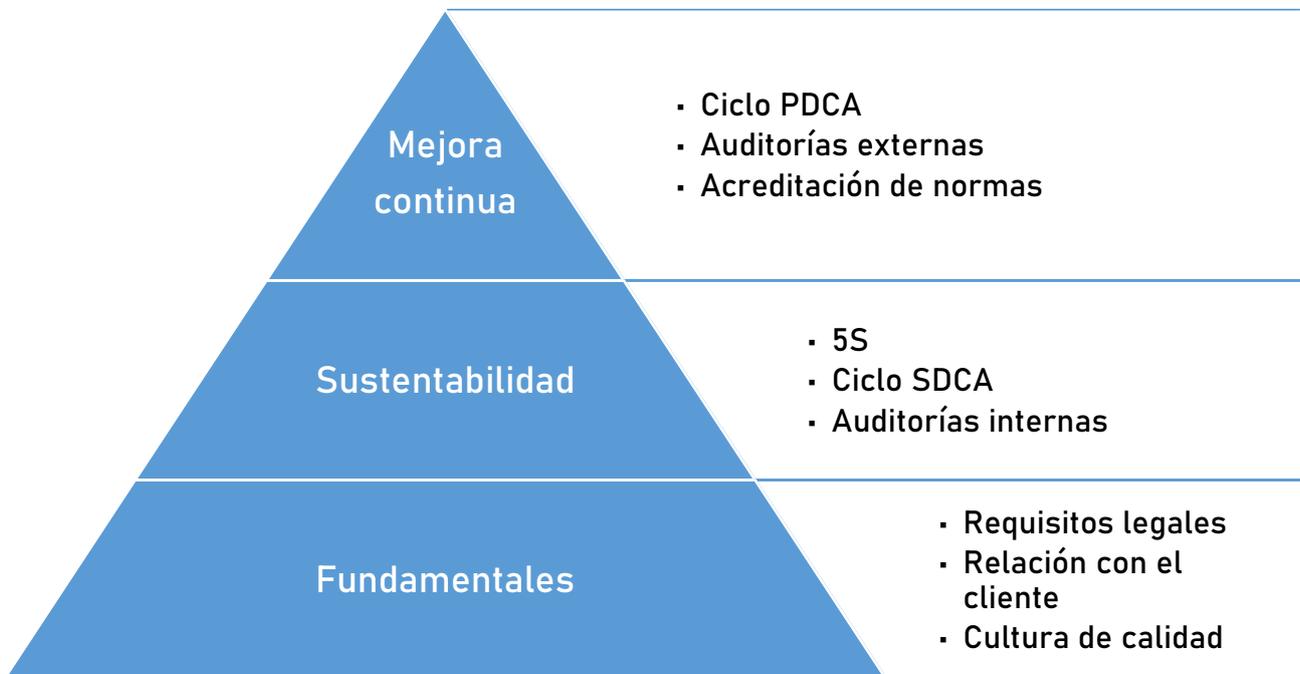
La empresa someterá sus operaciones a auditorías externas periódicas realizadas por organismos certificadores reconocidos internacionalmente. La información derivada de estas auditorías no solo valida la efectividad del SGC, sino que también proporciona una base sólida para la mejora continua.

Además, la empresa se compromete con la acreditación de normas reconocidas en la industria, como ISO 9001 para sistemas de gestión de calidad.

4.15.2.6. Mejora continua

Se implementarán procedimientos de mejora continua que involucran a todo el personal. La metodología PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) se utiliza para identificar oportunidades de mejora y aplicar soluciones efectivas. Se planifican acciones, se implementan, se verifica su eficacia y, finalmente, se actúa ajustando los procesos según sea necesario.

Desde un punto de vista sistémico, la gestión de la calidad de la empresa se basa en una pirámide cuya base son los principios cubiertos por la cultura de calidad empresarial, el cuidado de la relación con los clientes y el cumplimiento de los requisitos legales. Sobre estos cimientos sólidos se incorporan las herramientas que permiten la efectividad de las operaciones. La punta de la pirámide, soportada por todo lo anterior, la constituyen las herramientas de mejora.



En conclusión, este enfoque integral asegurará la entrega de bloques de hormigón celular de la más alta calidad, consolidando la posición de la empresa como líder en su sector.

4.16. Puesta en marcha

Se desarrollará la forma y el programa a cumplir hasta llegar a nivel de producción de régimen previsto.

5. Organización de la empresa

5.1. Tipo de empresa

La empresa se dedica a la producción, comercialización y distribución de bloques de hormigón celular curado en autoclave. La empresa es una sociedad de capital privado y se conformará como una Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL).

5.2. Organización de la empresa: áreas, departamentos y funciones

La empresa se divide en tres áreas comandadas por un Gerente General. A su vez, cada área se divide en Departamentos con funciones específicas.

5.2.1. Gerencia General

Está formada por el Gerente General en reunión con los responsables de Áreas. El Gerente General decide el destino de la compañía, toma las decisiones de alto rango y elige la estrategia que adopta la empresa para cumplir las metas y objetivos. Es el líder de todos los empleados y vela por la integridad organizacional de la empresa en cumplimiento de sus funciones a lo largo del tiempo.

5.2.2. Área Contable y de Ventas

Es el área encargada de definir y ejecutar los objetivos de ventas, asegurar el abastecimiento de la empresa y mantener el control de las finanzas. Está formada por el Departamento Contable y Financiero, Departamento de Marketing, Publicidad y Ventas, el Departamento de Compras y Adquisiciones y el Departamento de Logística. El responsable es el Líder de Ventas.

Departamento	Funciones
Contable y Financiero	Realizar la gestión financiera y contable. Asegurar el cumplimiento fiscal. Emitir balances y cierres contables. Liquidar sueldos.
Marketing, Publicidad y Ventas	Definir y cumplir los objetivos de ventas. Crear estrategias de marketing y publicidad para promocionar los productos. Asistir a los clientes.
Compras y Adquisiciones	Seleccionar proveedores, gestionar suministros y contratos. Supervisar el inventario de la empresa.
Logística	Administrar la distribución y gestionar la cadena de suministro para asegurar la entrega eficiente de los productos.

5.2.3. Área de Producción

Es el área encargada de la parte operativa de la empresa. Está formada por el Departamento de Gestión de la Producción, Departamento de Calidad, Departamento de Ingeniería, Servicios y Mantenimiento. El responsable de área es el Líder de Producción.

Departamento	Funciones
Gestión de la Producción	Planificar la producción para el cumplimiento de los objetivos. Garantizar la eficiencia y calidad. Definir tareas y supervisar la operación. Implementar procedimientos para garantizar la seguridad de los empleados en el entorno laboral.
Calidad	Implementar el sistema de gestión de calidad de la empresa y asegurar su cumplimiento. Realizar controles y gestionar reclamos.
Ingeniería, Servicios y Mantenimiento	Asegurar el abastecimiento de los servicios auxiliares y ejecutar tareas de desarrollo de nuevos proyectos. Proporcionar los servicios técnicos necesarios para mantener la continuidad de la operación.

5.2.4. Área de Personal

Se encarga de la gestión de los empleados y el entorno de trabajo. Está integrada por el Departamento de Recursos Humanos y el Departamento de Seguridad y Limpieza. El responsable de área es el Analista de Recursos Humanos.

Departamento	Funciones
Recursos Humanos	Seleccionar y contratar el personal. Asegurar el cumplimiento de las leyes laborales y reglamentaciones. Gestionar capacitaciones.
Seguridad y Limpieza	Proteger los activos de la empresa y prevenir robos y daños a la propiedad. Ejecutar tareas de limpieza y saneamiento de las instalaciones.

5.3. Personal ocupado

5.3.1. Requerimiento de personal a los distintos niveles por unidad funcional

El régimen de trabajo de la empresa es el siguiente:

La mano de obra directa e indirecta de producción y los operarios de seguridad y limpieza trabajan en 3 turnos de 45 horas semanales con inicio los días lunes y finalización los días sábados.

El resto del personal fuera de convenio trabaja en horario central de 9:00 a 18:00 horas en un solo turno, con inicio los días lunes y finalización los días viernes.

Los requerimientos de mano de obra se dividen de forma equitativa entre los 3 turnos, con excepción de los operarios de mantenimiento, en cuyo caso existen 3 operarios en el turno de horario central y solo 1 operario de guardia en el resto de los turnos (*).

Área	Puesto	Perfil	Cantidad por turno	Turnos por día	Total
Gerencia General	Gerente General	Ing. Industrial/Químico/Lic. en Administración de Empresas o afines	1	1	1
Contable y Ventas	Líder de Ventas	Lic. en Administración de Empresas/Marketing o afines	1	1	1
	Analista Contable	Técnico Administrativo Contable o afines	1	1	1
	Analista de Ventas	Técnico Administrativo Contable o afines	1	1	1
	Analista de Compras	Técnico Administrativo Contable o afines	1	1	1
	Analista Logístico	Técnico en Gestión Logística o afines	1	1	1
Producción	Líder de Producción	Ing. Industrial/Mecánico/Químico/Electromecánico o afines	1	1	1
	Operario de Producción	Técnico Electromecánico/Químico o Secundario Completo	9	3	27
	Líder de Calidad	Ing. Químico/Industrial o afines	1	1	1
	Analista de Calidad	Técnico Químico o afines	1	3	3
	Líder de Ing. y Mantenimiento	Ing. Electromecánico/Mecánico o afines	1	1	1
	Planner de Mantenimiento	Ing. Industrial/Electromecánico/Mecánico o afines	1	1	1
	Operario de Mantenimiento	Técnico Electromecánico/Instrumental	3*	3	5
Personal	Analista de Recursos Humanos	Lic. en Relaciones Laborales o afines	1	1	1
	Operarios de Seguridad y Limpieza	Secundario Completo	2	3	6
Total de empleados			52		

5.3.2. Sistema de remuneración e incentivos

El sistema de remuneración es el establecido por el Convenio Colectivo de Trabajo 150/75 de la Federación Obrera Ceramista de la República Argentina (FOCRA), en su escala salarial modificada por la Paritaria 2022-2023, con aplicación a los operarios y analistas, exceptuando los responsables de Área y el Gerente General de esta nómina.

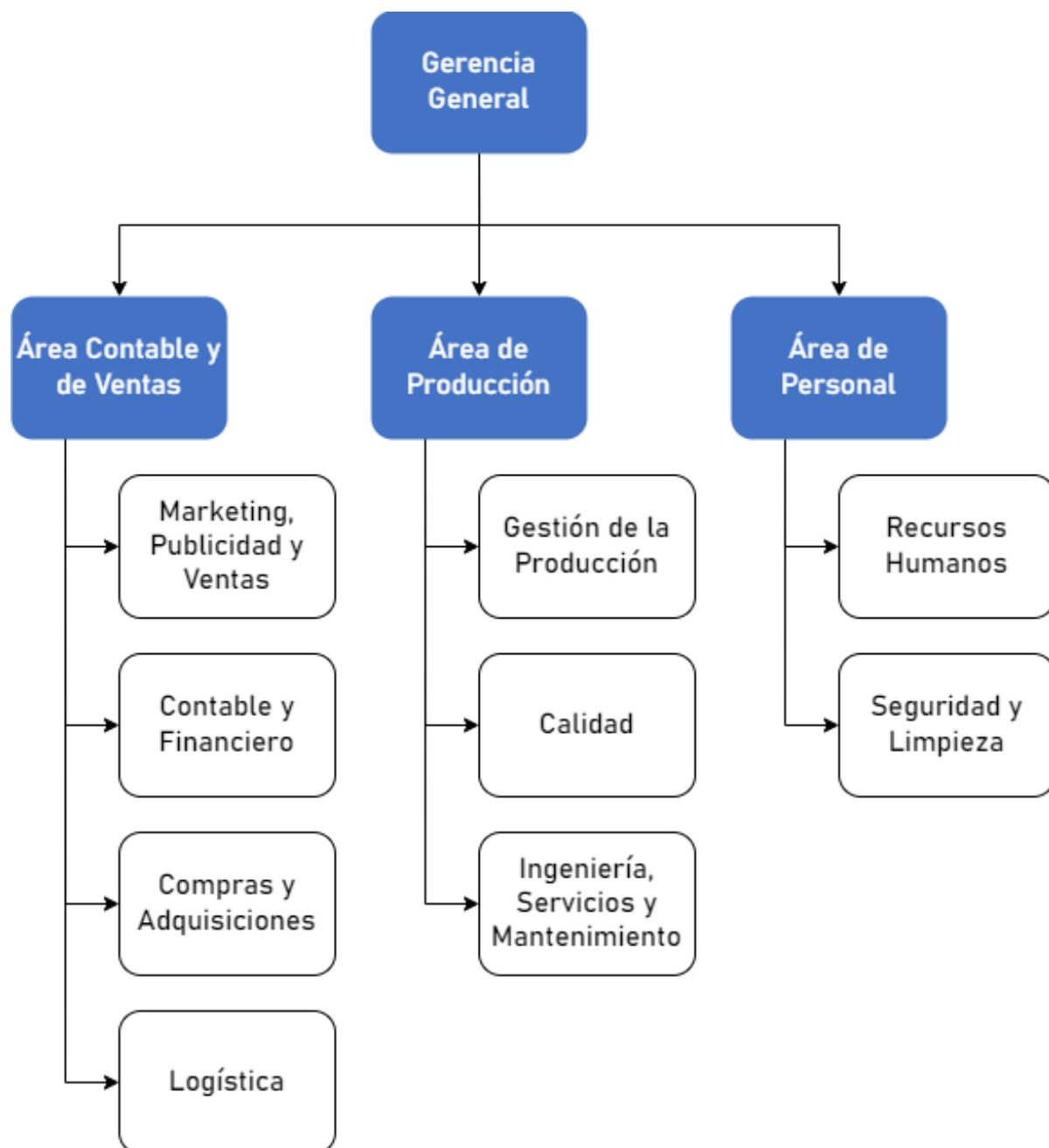
El salario básico del Gerente General, Líderes y Planner se obtiene a partir del promedio de posiciones similares obtenido de la base de datos de sueldos Glassdoor®.

El salario básico se calcula sobre la base de cálculo 45 horas semanales y se lo presenta en forma mensualizada.

5.3.3. Planilla de determinación de salarios

Ítem	Concepto	Categoría	Básico	Premios (0%)	Cargas Sociales (20%)	Adicional (10%)	SAC (8%)	ART (4%)	Salario bruto individual	Cantidad	Total	Total Anual
1 MANO DE OBRA DIRECTA												
	Mensualizada	Operario calificado	165.887	-	33.177	16.589	13.271	6.635	235.559	27	6.360.088	76.321.061
	Jornalizada por hora	Operario calificado	922	-	184	92	74	37	1.309		35.334	
2 MANO DE OBRA INDIRECTA												
	Mensualizada	Operario de mantenimiento-Oficial A	184.860	-	36.972	18.486	14.789	7.394	262.501	5	1.312.506	15.750.072
	Mensualizada	Analista-Oficial A	184.860	-	36.972	18.486	14.789	7.394	262.501	3	787.504	9.450.043
	Mensualizada	Operario de seg. y limp.-Ayudante ma	162.804	-	32.561	16.280	13.024	6.512	231.181	6	1.387.086	16.645.035
	Subtotal											118.166.211
3 ADMINISTRACIÓN												
	Mensualizada	Gerente General	628.482	-	125.696	62.848	50.279	25.139	892.444	1	892.444	10.709.325
	Mensualizada	Lider	418.988	-	83.798	41.899	33.519	16.760	594.962	3	1.784.887	21.418.650
	Mensualizada	Planner	377.089	-	75.418	37.709	30.167	15.084	535.466	1	535.466	6.425.595
4 COMERCIAL												
	Mensualizada	Lider	418.988	-	83.798	41.899	33.519	16.760	594.962	1	594.962	7.139.550
	Mensualizada	Responsable	335.190	-	67.038	33.519	26.815	13.408	475.970	1	475.970	5.711.640
	Mensualizada	Analista-Adm. 1a categoría	173.256	-	34.651	17.326	13.860	6.930	246.023	4	984.092	11.809.100
	TOTAL GENERAL											181.380.070

5.4. Organigrama general de la empresa



6. Costos operativos

6.1. Cálculo de costos

6.1.1. Costos de producción

Los costos de producción para el HCCA abarcan diversos gastos que contribuyen al proceso manufacturero. Aquí se detallan los elementos clave que componen estos costos:

6.1.1.1. Materias primas

Incluye los costos de la arena, el cemento, la cal, el yeso y la pasta de aluminio. Para el cálculo de los costos se hace referencia a los valores obtenidos en el estudio de mercado y por consulta a proveedores: para arena, Arenera Puerto Nuevo S.A, para cemento, Holcim y Loma Negra, para cal, Caleras San Juan, para yeso, Yeso Malargüe, y para pasta de aluminio, importadores de la empresa Eckart.

Los precios se obtuvieron de manera directa o por consulta en el portal Easy y en Mercado Libre.

6.1.1.2. Insumos

Comprende el costo de las bolas metálicas para el molino, pallets de madera y film plástico. El proveedor de bolas para el molino es Creix, el de pallets es CHEP y el de film stretch es importación de la empresa Sinolion.

Los precios se obtienen de Alibaba, Mercadolibre y consulta a proveedores.

6.1.1.3. Mano de obra directa (con CS)

Tiene en cuenta exclusivamente los salarios de los operarios de producción según los montos definidos en el capítulo de Organización de la Empresa.

6.1.2. Gastos de fabricación

Los gastos de fabricación incluyen diversos elementos indirectos necesarios para llevar a cabo la producción eficiente del hormigón celular curado en autoclave. Se desglosan de la siguiente manera:

6.1.2.1. Mano de obra indirecta (con CS)

Representa los salarios de los operarios de mantenimiento y los analistas de calidad. Los montos son los establecidos anteriormente.

6.1.2.2. Agua y saneamiento

El cálculo de los costos asociados al abastecimiento de agua y servicios de saneamiento se realiza considerando las tarifas definidas por el proveedor Aguas Bonaerenses S.A. Tiene en cuenta los costos fijos de conexión al servicio y los costos variables de aprovisionamiento. Para el cálculo del servicio de vertido cloacal se toma el mismo valor por m³ de agua que para el abastecimiento.

6.1.2.3. Energía eléctrica

Los costos asociados a la energía eléctrica se calculan conforme a las tarifas establecidas por la proveedora Empresa Distribuidora de Energía Norte S.A. Se tienen en cuenta los costos fijos de conexión al servicio y los costos variables de aprovisionamiento.

6.1.2.4. Combustibles

Comprende los costos fijos y variables de abastecimiento de gas natural por parte de Gas Natural Buenos Aires Norte S.A. según el cuadro tarifario de la empresa y los costos fijos de abastecimiento de combustibles líquidos para la operación diaria del cargador frontal y los autoelevadores.

6.1.2.5. Materiales y servicios de mantenimiento

Tiene en cuenta los costos generados por mantenimientos preventivos realizados internamente, mantenimientos realizados por proveedores externos, la adquisición de repuestos y accesorios.

El concepto destinado a este ítem será el 1% de la inversión inicial en equipos e instalaciones y se irá variando proporcionalmente según el nivel de producción, tomando como base la producción del año 1.

6.1.2.6. Indumentaria y EPP

Incluye los costos asociados a la indumentaria y equipos de protección personal necesarios para el personal involucrado en la producción, asegurando un entorno de trabajo seguro y cumplimiento de normativas. Se toma como base de cálculo un conjunto de remera y pantalón de trabajo, casco, calzado de seguridad, medias, protector auditivo y lentes de seguridad.

Para el caso de la ropa de trabajo, el monto destinado es de 2 conjuntos por empleado por año. Para el caso de los EPPs, el monto destinado es de 5 conjuntos por empleado por año.

6.1.2.7. Imprevistos

Se considera una reserva para imprevistos equivalente al 0,1% del monto total destinado a Mano de Obra, MP e Insumos, Agua, Combustibles, Electricidad, Indumentaria y EPP y Mantenimiento y materiales.

6.1.2.8. Gastos de laboratorio

Se toman como el 10% de la inversión total en equipamiento de laboratorio en forma anual.

6.1.3. Costos de administración y comercialización

6.1.3.1. Amortizaciones

Tiene en cuenta a las amortizaciones por depreciación de inmuebles, equipamiento y materiales adquiridos y cargos diferidos.

6.1.3.2. Personal

Se incluye a los operarios de seguridad y limpieza, analistas del área contable y ventas, líderes, responsables de área y gerente.

6.1.3.3. Seguros

Se toma como valor una alícuota del 0,1% de la inversión inicial en activos fijos.

6.1.3.4. Comunicación

Se incluyen los gastos de telefonía e internet.

6.1.3.5. Publicidad y marketing

Se incluyen los gastos destinados a la promoción de los productos considerando un valor igual al 1% del ingreso generado por ventas.

6.1.3.6. Gastos generales

Se toma una reserva ante gastos generales administrativos y otras eventualidades de la misma índole con una alícuota correspondiente al 0,2% de las ventas proyectadas para el período.

6.1.4. Costos financieros

Comprende a los gastos bancarios, estimados como el 1% de la cancelación anual del financiamiento tomado, y a los intereses generados por la toma de deuda.

6.2. Planillas de costos

6.2.1. Cuadro de evolución

CUADRO DE EVOLUCIÓN												
Detalle	Unidad	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
		Compras y stock MP e insumos										
Arena	tn/año	1.905	19.047	19.571	20.047	20.523	21.000	21.476	21.952	22.428	22.904	23.904
Stock de arena	tn/año	1.905	1.905	1.952	2.000	2.048	2.095	2.143	2.190	2.238	2.286	2.381
Cemento	tn/año	494	4.938	5.074	5.197	5.321	5.444	5.568	5.691	5.814	5.938	6.197
Stock de cemento	tn/año	494	494	506	518	531	543	556	568	580	593	617
Cal	tn/año	370	3.703	3.805	3.898	3.990	4.083	4.176	4.268	4.361	4.453	4.648
Stock de cal	tn/año	370	370	380	389	398	407	417	426	435	444	463
Yeso	tn/año	87	865	889	910	932	954	975	997	1.019	1.040	1.086
Stock de yeso	tn/año	87	87	91	95	99	102	106	110	114	118	123
Pasta de aluminio	tn/año	6	61	63	65	66	68	69	71	72	74	77
Stock de pasta de aluminio	tn/año	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	8
Bolas de acero	kg/año	4.263	42.629	43.801	44.867	45.933	46.998	48.064	49.130	50.195	51.261	53.499
Stock de bolas de acero	kg/año	4.263	4.263	4.369	4.476	4.583	4.689	4.796	4.902	5.009	5.115	5.329
Pallets de madera	unidades/año	5.052	50.515	51.904	53.167	54.430	55.693	56.956	58.219	59.482	60.744	63.396
Stock de pallets de madera	unidades/año	5.052	5.052	5.178	5.304	5.430	5.557	5.683	5.809	5.936	6.062	6.314
Film plástico	m/año	18.544	185.435	190.535	195.171	199.806	204.442	209.078	213.714	218.350	222.986	232.721
Stock de film	m/año	18.544	18.544	19.007	19.471	19.934	20.398	20.861	21.325	21.789	22.252	23.179
Producción y ventas												
Produccion proyectada de bloques	m³/año	-	57.600	59.040	60.480	61.920	63.360	64.800	66.240	67.680	69.120	72.000
Stock de bloques	unidades/año	-	2.560.000	2.624.000	2.688.000	2.752.000	2.816.000	2.880.000	2.944.000	3.008.000	3.072.000	3.200.000
Produccion proyectada de tabiques	m³/año	-	14.400	14.760	15.120	15.480	15.840	16.200	16.560	16.920	17.280	18.000
Stock de bloques	unidades/año	-	1.280.000	1.312.000	1.344.000	1.376.000	1.408.000	1.440.000	1.472.000	1.504.000	1.536.000	1.600.000
Stock de tabiques	m³/año	-	5.760	5.904	6.048	6.192	6.336	6.480	6.624	6.768	6.912	7.200
Stock de tabiques	unidades/año	-	512.000	524.800	537.600	550.400	563.200	576.000	588.800	601.600	614.400	640.000
Stock de tabiques	unidades/año	-	128.000	131.200	134.400	137.600	140.800	144.000	147.200	150.400	153.600	160.000
Ventas de bloques proyectadas	m³/año	-	51.840	58.896	60.336	61.776	63.216	64.656	66.096	67.536	68.976	71.712
Ventas de bloques proyectadas	unidades/año	-	2.304.000	2.617.600	2.681.600	2.745.600	2.809.600	2.873.600	2.937.600	3.001.600	3.065.600	3.187.200
Ventas de bloques proyectadas	\$ ARS	-	3.329.280.000	3.782.432.000	3.874.912.000	3.967.392.000	4.059.872.000	4.152.352.000	4.244.832.000	4.337.312.000	4.429.792.000	4.605.504.000
Ventas de tabiques proyectadas	m³/año	-	12.960	14.724	15.084	15.444	15.804	16.164	16.524	16.884	17.244	17.928
Ventas de tabiques proyectadas	unidades/año	-	1.152.000	1.308.800	1.340.800	1.372.800	1.404.800	1.436.800	1.468.800	1.500.800	1.532.800	1.593.600
Ventas de tabiques proyectadas	\$ ARS	-	998.784.000	1.134.729.600	1.162.473.600	1.190.217.600	1.217.961.600	1.245.705.600	1.273.449.600	1.301.193.600	1.328.937.600	1.381.651.200
TOTAL VENTAS PROYECTADAS	m³/año	-	30.335	33.368	36.705	40.376	44.418	48.895	53.740	59.114	68.037	78.004
TOTAL VENTAS PROYECTADAS	unidades/año	-	3.456.000	3.926.400	4.022.400	4.118.400	4.214.400	4.310.400	4.406.400	4.502.400	4.598.400	4.780.800
TOTAL VENTAS PROYECTADAS	\$ ARS	-	4.328.064.000	4.917.161.600	5.037.385.600	5.157.609.600	5.277.833.600	5.398.057.600	5.518.281.600	5.638.505.600	5.758.729.600	5.987.155.200

Tabla 29. Cuadro de evolución de ventas, compras y stock. Fuente: Elaboración propia.

PRECIO DE VENTA			
Bloques 25x15x60	unidad	\$ 1.445,00	67%
	m ³	\$ 64.222,22	80%
Tabiques 25x7,5x60	unidad	\$ 867,00	33%
	m ³	\$ 77.066,67	20%
Precio de venta promedio	unidad	\$ 1.252,33	100%
	m ³	\$ 66.791,11	100%

Tabla 30. Precio de venta de los productos. Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Costos de materias primas e insumos

COSTO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS											
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
Arena											
Consumo	tn/mes	1.732	1.775	1.818	1.861	1.905	1.948	1.991	2.035	2.078	2.164
	tn/año	19.047	19.523	20.000	20.476	20.952	21.428	21.904	22.380	22.857	23.809
Costo	\$/mes	11.119.894	11.397.891	11.675.889	11.953.886	12.231.884	12.509.881	12.787.878	13.065.876	13.343.873	13.899.868
	\$/año	122.318.835	125.376.806	128.434.777	131.492.748	134.550.719	137.608.690	140.666.661	143.724.631	146.782.602	152.898.544
Cemento											
Consumo	tn/mes	449	460	471	483	494	505	516	527	539	561
	tn/año	4.938	5.061	5.185	5.308	5.432	5.555	5.679	5.802	5.926	6.172
Costo	\$/mes	25.183.652	25.813.243	26.442.834	27.072.426	27.702.017	28.331.608	28.961.200	29.590.791	30.220.382	31.479.565
	\$/año	277.020.171	283.945.675	290.871.179	297.796.684	304.722.188	311.647.692	318.573.196	325.498.701	332.424.205	346.275.214
Cal											
Consumo	tn/mes	337	345	354	362	370	379	387	396	404	421
	tn/año	3.703	3.796	3.889	3.981	4.074	4.166	4.259	4.352	4.444	4.629
Costo	\$/mes	13.130.514	13.458.777	13.787.039	14.115.302	14.443.565	14.771.828	15.100.091	15.428.354	15.756.616	16.413.142
	\$/año	144.435.651	148.046.542	151.657.433	155.268.324	158.879.216	162.490.107	166.100.998	169.711.889	173.322.781	180.544.563
Yeso											
Consumo	tn/mes	79	81	83	85	87	88	90	92	94	98
	tn/año	865	887	908	930	952	973	995	1.016	1.038	1.081
Costo	\$/mes	816.705	837.123	857.541	877.958	898.376	918.794	939.211	959.629	980.047	1.020.882
	\$/año	8.983.760	9.208.354	9.432.948	9.657.542	9.882.136	10.106.730	10.331.324	10.555.918	10.780.512	11.229.700
Pasta de aluminio											
Consumo	tn/mes	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7
	tn/año	61	63	65	66	68	69	71	72	74	77
Costo	\$/mes	31.300.681	32.083.198	32.865.715	33.648.232	34.430.749	35.213.266	35.995.783	36.778.300	37.560.817	39.125.852
	\$/año	344.307.494	352.915.181	361.522.868	370.130.556	378.738.243	387.345.930	395.953.618	404.561.305	413.168.992	430.384.367
Total mensual MP (\$)		81.551.446	83.590.233	85.629.019	87.667.805	89.706.591	91.745.377	93.784.163	95.822.950	97.861.736	101.939.308
Total anual MP (\$)		897.065.910	919.492.558	941.919.206	964.345.854	986.772.521	1.009.199.149	1.031.625.797	1.054.052.445	1.076.479.093	1.121.332.388
Bolas de acero											
Consumo	kg/mes	3.875	3.972	4.069	4.166	4.263	4.360	4.457	4.554	4.650	4.844
	kg/año	42.629	43.694	44.760	45.826	46.892	47.957	49.023	50.089	51.155	53.286
Costo	\$/mes	4.842.241	4.963.297	5.084.353	5.205.409	5.326.465	5.447.521	5.568.577	5.689.633	5.810.689	6.052.802
	\$/año	53.264.654	54.596.270	55.927.886	57.259.503	58.591.119	59.922.735	61.254.352	62.585.968	63.917.584	66.580.817
Pallets de madera											
Consumo	un/mes	4.592	4.707	4.822	4.937	5.052	5.166	5.281	5.396	5.511	5.740
	un/año	50.515	51.778	53.041	54.304	55.567	56.829	58.092	59.355	60.618	63.144
Costo	\$/mes	4.591.134	4.705.912	4.820.690	4.935.469	5.050.247	5.165.025	5.279.804	5.394.582	5.509.360	5.738.917
	\$/año	50.502.469	51.765.031	53.027.592	54.290.154	55.552.716	56.815.278	58.077.839	59.340.401	60.602.963	63.128.086
Film plástico											
Consumo	m/mes	16.858	17.279	17.701	18.122	18.544	18.965	19.386	19.808	20.229	21.072
	m/año	185.435	190.071	194.707	199.343	203.979	208.615	213.250	217.886	222.522	231.794
Costo	\$/mes	534.390	547.750	561.110	574.470	587.829	601.189	614.549	627.909	641.269	667.988
	\$/año	5.878.295	6.025.252	6.172.210	6.319.167	6.466.124	6.613.082	6.760.039	6.906.996	7.053.954	7.347.869
Total mensual insumos		9.967.765	10.216.959	10.466.153	10.715.348	10.964.542	11.213.736	11.462.930	11.712.124	11.961.318	12.459.707
Total anual insumos		109.645.417	112.386.553	115.127.688	117.868.824	120.609.959	123.351.095	126.092.230	128.833.365	131.574.501	137.056.772
Total mensual (\$)		91.519.212	93.807.192	96.095.172	98.383.152	100.671.133	102.959.113	105.247.093	107.535.074	109.823.054	114.399.015
Total anual (\$)		1.006.711.328	1.031.879.111	1.057.046.894	1.082.214.677	1.107.382.461	1.132.550.244	1.157.718.027	1.182.885.810	1.208.053.593	1.258.389.160

Tabla 31. Cuadro de evolución de costos de MP e Insumos. Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. Costos de mano de obra directa e indirecta (con CS)

COSTO DE MANO DE OBRA										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	Mano de obra directa									
Salario operarios de planta	\$/mes 6.360.088	6.360.088	6.360.088	6.360.088	6.360.088	6.360.088	6.360.088	6.360.088	6.360.088	6.360.088
	\$/año 76.321.061	76.321.061	76.321.061	76.321.061	76.321.061	76.321.061	76.321.061	76.321.061	76.321.061	76.321.061
	Mano de obra indirecta									
Salario operarios de mantenimiento	\$/mes 1.312.506	1.312.506	1.312.506	1.312.506	1.312.506	1.312.506	1.312.506	1.312.506	1.312.506	1.312.506
	\$/año 15.750.072	15.750.072	15.750.072	15.750.072	15.750.072	15.750.072	15.750.072	15.750.072	15.750.072	15.750.072
Salario analistas de calidad	\$/mes 787.504	787.504	787.504	787.504	787.504	787.504	787.504	787.504	787.504	787.504
	\$/año 9.450.043	9.450.043	9.450.043	9.450.043	9.450.043	9.450.043	9.450.043	9.450.043	9.450.043	9.450.043
Total mensual MO indirecta (\$)	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010
Total anual MO indirecta (\$)	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115
Total mensual (\$)	8.460.098	8.460.098	8.460.098	8.460.098	8.460.098	8.460.098	8.460.098	8.460.098	8.460.098	8.460.098
Total anual (\$)	101.521.176	101.521.176	101.521.176	101.521.176	101.521.176	101.521.176	101.521.176	101.521.176	101.521.176	101.521.176

Tabla 32. Cuadro de evolución del costo de mano de obra. Fuente: Elaboración propia.

6.2.4. Costos de agua y saneamiento

COSTO DE AGUA Y SANEAMIENTO										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Volumen de PT (m³)	72000	73800	75600	77400	79200	81000	82800	84600	86400	90000
Cargo por servicio (fijo)										
Costo	\$/mes 1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322
	\$/año 15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862
Agua de proceso (variable)										
Consumo	m ³ /mes 702	712	730	747	764	782	799	816	834	869
	m ³ /año 8.418	8.547	8.755	8.964	9.172	9.381	9.589	9.798	10.006	10.423
Costo	\$/mes 93.315	94.868	97.388	99.909	102.429	104.949	107.469	109.990	112.510	117.550
	\$/año 1.119.779	1.138.416	1.168.659	1.198.902	1.229.145	1.259.388	1.289.632	1.319.875	1.350.118	1.410.604
Agua para consumo humano (fijo)										
Consumo	m ³ /mes 56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
	m ³ /año 676	676	676	676	676	676	676	676	676	676
Costo	\$/mes 8.173	8.173	8.173	8.173	8.173	8.173	8.173	8.173	8.173	8.173
	\$/año 98.074	98.074	98.074	98.074	98.074	98.074	98.074	98.074	98.074	98.074
Agua para limpieza (fijo)										
Consumo	m ³ /mes 806	806	806	806	806	806	806	806	806	806
	m ³ /año 9.669	9.669	9.669	9.669	9.669	9.669	9.669	9.669	9.669	9.669
Costo	\$/mes 116.900	116.900	116.900	116.900	116.900	116.900	116.900	116.900	116.900	116.900
	\$/año 1.402.796	1.402.796	1.402.796	1.402.796	1.402.796	1.402.796	1.402.796	1.402.796	1.402.796	1.402.796
Total consumo mensual	m³ 1.564	1.574	1.592	1.609	1.626	1.644	1.661	1.679	1.696	1.731
Cargo por vertido cloacal (variable)										
Consumo	m ³ /mes 1.564	1.574	1.592	1.609	1.626	1.644	1.661	1.679	1.696	1.731
	m ³ /año 18.763	18.892	19.100	19.309	19.517	19.726	19.934	20.143	20.351	20.768
Costo	\$/mes 226.850	228.403	230.924	233.444	235.964	238.485	241.005	243.525	246.045	251.086
	\$/año 2.722.205	2.740.841	2.771.085	2.801.328	2.831.571	2.861.814	2.892.058	2.922.301	2.952.544	3.013.030
Total costos fijos	\$/mes 1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322
	\$/año 15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862
Total costos variables	\$/mes 445.238	448.344	453.384	458.425	463.466	468.506	473.547	478.587	483.628	493.709
	\$/año 5.342.853	5.380.127	5.440.613	5.501.100	5.561.586	5.622.073	5.682.559	5.743.046	5.803.532	5.924.505
Total agua y saneamiento	\$/mes 446.560	449.666	454.706	459.747	464.787	469.828	474.868	479.909	484.950	495.031
	\$/año 5.358.715	5.395.989	5.456.475	5.516.962	5.577.448	5.637.935	5.698.421	5.758.908	5.819.394	5.940.367

Tabla 33. Cuadro de evolución del costo de provisión de agua. Fuente: Elaboración propia.

6.2.5. Costos de energía eléctrica

COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Volumen de PT (m ³)	72000	73800	75600	77400	79200	81000	82800	84600	86400	90000
CARGO POR SERVICIO (FIJO)										
Potencia contratada	401	401	401	401	401	401	401	401	401	401
Costo	\$/mes 356.433									
	\$/año 4.277.196									
ENERGÍA MOTRIZ (VARIABLE)										
Consumo	kWh/mes 46.225	kWh/mes 47.380	kWh/mes 48.536	kWh/mes 49.692	kWh/mes 50.847	kWh/mes 52.003	kWh/mes 53.158	kWh/mes 54.314	kWh/mes 55.470	kWh/mes 57.781
Costo	\$/mes 554.697	\$/mes 568.564	\$/mes 582.432	\$/mes 596.299	\$/mes 610.166	\$/mes 624.034	\$/mes 637.901	\$/mes 651.769	\$/mes 665.636	\$/mes 693.371
	\$/año 1.347.266	\$/año 1.380.948	\$/año 1.414.629	\$/año 1.448.311	\$/año 1.481.993	\$/año 1.515.674	\$/año 1.549.356	\$/año 1.583.038	\$/año 1.616.719	\$/año 1.684.083
	\$/año 16.167.193	\$/año 16.571.373	\$/año 16.975.553	\$/año 17.379.733	\$/año 17.783.913	\$/año 18.188.092	\$/año 18.592.272	\$/año 18.996.452	\$/año 19.400.632	\$/año 20.208.992
ENERGÍA LUMÍNICA (FIJO)										
Consumo	kWh/mes 9.601									
Costo	\$/mes 115.207									
	\$/año 279.818									
	\$/año 3.357.813									
Total consumo mensual	kWh 55.825	kWh 56.981	kWh 58.137	kWh 59.292	kWh 60.448	kWh 61.603	kWh 62.759	kWh 63.915	kWh 65.070	kWh 67.381
Total costos fijos	\$/mes 636.251									
	\$/año 7.635.009									
Total costos variables	\$/mes 1.347.266	\$/mes 1.380.948	\$/mes 1.414.629	\$/mes 1.448.311	\$/mes 1.481.993	\$/mes 1.515.674	\$/mes 1.549.356	\$/mes 1.583.038	\$/mes 1.616.719	\$/mes 1.684.083
	\$/año 16.167.193	\$/año 16.571.373	\$/año 16.975.553	\$/año 17.379.733	\$/año 17.783.913	\$/año 18.188.092	\$/año 18.592.272	\$/año 18.996.452	\$/año 19.400.632	\$/año 20.208.992
Total electricidad	\$/mes 1.983.517	\$/mes 2.017.198	\$/mes 2.050.880	\$/mes 2.084.562	\$/mes 2.118.243	\$/mes 2.151.925	\$/mes 2.185.607	\$/mes 2.219.288	\$/mes 2.252.970	\$/mes 2.320.333
	\$/año 23.802.202	\$/año 24.206.382	\$/año 24.610.562	\$/año 25.014.741	\$/año 25.418.921	\$/año 25.823.101	\$/año 26.227.281	\$/año 26.631.461	\$/año 27.035.641	\$/año 27.844.000

Tabla 34. Cuadro de evolución del costo de energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

6.2.6. Costos de combustibles

COSTO DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Volumen de PT (m ³)	72000	73800	75600	77400	79200	81000	82800	84600	86400	90000
CARGO POR SERVICIO DE GAS (FIJO)										
Costo	\$/mes 287.190	287.190	287.190	287.190	287.190	287.190	287.190	287.190	287.190	287.190
	\$/año 3.446.286	3.446.286	3.446.286	3.446.286	3.446.286	3.446.286	3.446.286	3.446.286	3.446.286	3.446.286
PROVISIÓN DE GAS (VARIABLE)										
Consumo	Nm ³ /mes 228.965	234.689	240.413	246.137	251.861	257.585	263.310	269.034	274.758	286.206
	Nm ³ /año 2.747.578	2.816.268	2.884.957	2.953.647	3.022.336	3.091.026	3.159.715	3.228.404	3.297.094	3.434.473
Costo	\$/mes 1.801.410	1.846.445	1.891.481	1.936.516	1.981.551	2.026.586	2.071.622	2.116.657	2.161.692	2.251.763
	\$/año 21.616.922	22.157.345	22.697.768	23.238.191	23.778.614	24.319.038	24.859.461	25.399.884	25.940.307	27.021.153
PROVISIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS (FIJO)										
Consumo	L/mes 5.456	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456	5.456
	L/año 65.476	65.476	65.476	65.476	65.476	65.476	65.476	65.476	65.476	65.476
Costo	\$/mes 1.806.056	1.806.056	1.806.056	1.806.056	1.806.056	1.806.056	1.806.056	1.806.056	1.806.056	1.806.056
	\$/año 21.672.672	21.672.672	21.672.672	21.672.672	21.672.672	21.672.672	21.672.672	21.672.672	21.672.672	21.672.672
Total costos fijos	\$/mes 2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246
	\$/año 25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957
Total costos variables	\$/mes 1.801.410	1.846.445	1.891.481	1.936.516	1.981.551	2.026.586	2.071.622	2.116.657	2.161.692	2.251.763
	\$/año 21.616.922	22.157.345	22.697.768	23.238.191	23.778.614	24.319.038	24.859.461	25.399.884	25.940.307	27.021.153
Total combustibles	\$/mes 3.894.657	3.939.692	3.984.727	4.029.762	4.074.798	4.119.833	4.164.868	4.209.903	4.254.939	4.345.009
	\$/año 46.735.880	47.276.303	47.816.726	48.357.149	48.897.572	49.437.995	49.978.418	50.518.841	51.059.264	52.140.110

Tabla 35. Cuadro de evolución del costo de provisión de combustibles. Fuente: Elaboración propia.

6.2.7. Costos de mantenimiento y materiales

COSTO DE MANTENIMIENTO											
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
Volumen de PT (m ³)	72000	73800	75600	77400	79200	81000	82800	84600	86400	90000	
Total mantenimiento	\$/mes	2.768.429	2.837.640	2.906.850	2.976.061	3.045.272	3.114.482	3.183.693	3.252.904	3.322.115	3.460.536
	\$/año	33.221.146	34.051.674	34.882.203	35.712.731	36.543.260	37.373.789	38.204.317	39.034.846	39.865.375	41.526.432

Tabla 36. Evolución de costos de mantenimiento y materiales. Fuente: Elaboración propia.

6.2.8. Costos de indumentaria y EPP

COSTO DE INDUMENTARIA y EPPs													
Concepto	Precio (\$ ARS)	Cantidad		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ropa de trabajo	22.900	90	\$/año	2.061.000	2.061.000	2.061.000	2.061.000	2.061.000	2.061.000	2.061.000	2.061.000	2.061.000	2.061.000
Casco de trabajo	3.550	90	\$/año	319.500	319.500	319.500	319.500	319.500	319.500	319.500	319.500	319.500	319.500
Calzado de seguridad	39.768	90	\$/año	3.579.120	3.579.120	3.579.120	3.579.120	3.579.120	3.579.120	3.579.120	3.579.120	3.579.120	3.579.120
Protector auditivo	4.649	225	\$/año	1.046.025	1.046.025	1.046.025	1.046.025	1.046.025	1.046.025	1.046.025	1.046.025	1.046.025	1.046.025
Lentes de seguridad	2.277	225	\$/año	512.325	512.325	512.325	512.325	512.325	512.325	512.325	512.325	512.325	512.325
Par de medias	3.946	90	\$/año	224.550	224.550	224.550	224.550	224.550	224.550	224.550	224.550	224.550	224.550
Par de guantes moteados	998	225	\$/año	355.140	355.140	355.140	355.140	355.140	355.140	355.140	355.140	355.140	355.140
Total anual				8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660

Tabla 37. Evolución de costos de indumentaria y EPP. Fuente: Elaboración propia.

6.2.9. Costos de administración y comercialización

COSTOS DE ADMINISTRACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN												
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10		
				Recursos humanos								
Salario Gerente	\$/mes 892.444	892.444	892.444	892.444	892.444	892.444	892.444	892.444	892.444	892.444		
	\$/año 10.709.325	10.709.325	10.709.325	10.709.325	10.709.325	10.709.325	10.709.325	10.709.325	10.709.325	10.709.325		
Salario Líderes	\$/mes 2.379.850	2.379.850	2.379.850	2.379.850	2.379.850	2.379.850	2.379.850	2.379.850	2.379.850	2.379.850		
	\$/año 28.558.199	28.558.199	28.558.199	28.558.199	28.558.199	28.558.199	28.558.199	28.558.199	28.558.199	28.558.199		
Salario Analistas de Ventas	\$/mes 984.092	984.092	984.092	984.092	984.092	984.092	984.092	984.092	984.092	984.092		
	\$/año 11.809.100	11.809.100	11.809.100	11.809.100	11.809.100	11.809.100	11.809.100	11.809.100	11.809.100	11.809.100		
Salario Planner	\$/mes 535.466	535.466	535.466	535.466	535.466	535.466	535.466	535.466	535.466	535.466		
	\$/año 6.425.595	6.425.595	6.425.595	6.425.595	6.425.595	6.425.595	6.425.595	6.425.595	6.425.595	6.425.595		
Salario Responsable RRHH	\$/mes 475.970	475.970	475.970	475.970	475.970	475.970	475.970	475.970	475.970	475.970		
	\$/año 5.711.640	5.711.640	5.711.640	5.711.640	5.711.640	5.711.640	5.711.640	5.711.640	5.711.640	5.711.640		
Salario operarios de seg. y limp.	\$/mes 1.387.086	1.387.086	1.387.086	1.387.086	1.387.086	1.387.086	1.387.086	1.387.086	1.387.086	1.387.086		
	\$/año 16.645.035	16.645.035	16.645.035	16.645.035	16.645.035	16.645.035	16.645.035	16.645.035	16.645.035	16.645.035		
Total mensual RRHH (\$)	6.654.908	6.654.908	6.654.908	6.654.908	6.654.908	6.654.908	6.654.908	6.654.908	6.654.908	6.654.908		
Total anual RRHH (\$)	79.858.893	79.858.893	79.858.893	79.858.893	79.858.893	79.858.893	79.858.893	79.858.893	79.858.893	79.858.893		
Gastos												
Amortizaciones	\$/mes 56.308.495	56.308.495	56.308.495	34.394.622	34.394.622	32.753.103	32.753.103	32.753.103	32.753.103	32.753.103		
	\$/año 675.701.945	675.701.945	675.701.945	412.735.464	412.735.464	393.037.233	393.037.233	393.037.233	393.037.233	393.037.233		
Gastos Generales de Adm	\$/mes 721.344	819.527	839.564	859.602	879.639	899.676	919.714	939.751	959.788	997.859		
	\$/año 8.656.128	9.834.323	10.074.771	10.315.219	10.555.667	10.796.115	11.036.563	11.277.011	11.517.459	11.974.310		
Seguros	\$/mes 568.384	568.384	568.384	568.384	568.384	568.384	568.384	568.384	568.384	568.384		
	\$/año 6.820.602	6.820.602	6.820.602	6.820.602	6.820.602	6.820.602	6.820.602	6.820.602	6.820.602	6.820.602		
Total mensual gastos (\$)	57.598.223	57.696.406	57.716.443	35.822.607	35.842.644	34.221.163	34.241.200	34.261.237	34.281.275	34.319.345		
Total anual gastos (\$)	691.178.676	692.356.871	692.597.319	429.871.285	430.111.733	410.653.950	410.894.398	411.134.846	411.375.294	411.832.145		
Comunicaciones												
Telefonía	\$/mes 11.366	11.366	11.366	11.366	11.366	11.366	11.366	11.366	11.366	11.366		
	\$/año 136.392	136.392	136.392	136.392	136.392	136.392	136.392	136.392	136.392	136.392		
Internet	\$/mes 30.610	30.610	30.610	30.610	30.610	30.610	30.610	30.610	30.610	30.610		
	\$/año 367.320	367.320	367.320	367.320	367.320	367.320	367.320	367.320	367.320	367.320		
Publicidad y Marketing	\$/mes 3.606.720	4.097.635	4.197.821	4.298.008	4.398.195	4.498.381	4.598.568	4.698.755	4.798.941	4.989.296		
	\$/año 43.280.640	49.171.616	50.373.856	51.576.096	52.778.336	53.980.576	55.182.816	56.385.056	57.587.296	59.871.552		
Total mensual comunicaciones (\$)	3.648.696	4.139.611	4.239.797	4.339.984	4.440.171	4.540.357	4.640.544	4.740.731	4.840.917	5.031.272		
Total anual comunicaciones (\$)	43.784.352	49.675.328	50.877.568	52.079.808	53.282.048	54.484.288	55.686.528	56.888.768	58.091.008	60.375.264		
Total mensual (\$)	67.901.827	68.490.924	68.611.148	46.817.499	46.937.723	45.416.428	45.536.652	45.656.876	45.777.100	46.005.525		
Total anual (\$)	814.821.921	821.891.092	823.333.780	561.809.986	563.252.674	544.997.131	546.439.819	547.882.507	549.325.195	552.066.303		

Tabla 38. Evolución de costos de administración y comercialización. Fuente: Elaboración propia.

6.2.10. Gastos de fabricación

GASTOS DE FABRICACIÓN										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	FLUJOS									
Mano de obra indirecta	\$/mes 2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010	2.100.010
	\$/año 25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115	25.200.115
Agua y saneamiento	\$/mes 1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322	1.322
	\$/año 15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862	15.862
Energía eléctrica	\$/mes 636.251	636.251	636.251	636.251	636.251	636.251	636.251	636.251	636.251	636.251
	\$/año 7.635.009	7.635.009	7.635.009	7.635.009	7.635.009	7.635.009	7.635.009	7.635.009	7.635.009	7.635.009
Combustibles	\$/mes 2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246	2.093.246
	\$/año 25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957	25.118.957
Indumentaria y EPP	\$/mes 674.805	674.805	674.805	674.805	674.805	674.805	674.805	674.805	674.805	674.805
	\$/año 8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660	8.097.660
Imprevistos y varios	\$/mes 102.121	104.369	106.619	108.870	111.120	113.370	115.620	117.871	120.121	124.622
	\$/año 1.225.448	1.252.428	1.279.432	1.306.435	1.333.438	1.360.442	1.387.445	1.414.449	1.441.452	1.495.459
Gastos de laboratorio	\$/mes 165.859	165.859	165.859	165.859	165.859	165.859	165.859	165.859	165.859	165.859
	\$/año 1.990.311	1.990.311	1.990.311	1.990.311	1.990.311	1.990.311	1.990.311	1.990.311	1.990.311	1.990.311
	VARIABLES									
Agua y saneamiento	\$/mes 445.238	448.344	453.384	458.425	463.466	468.506	473.547	478.587	483.628	493.709
	\$/año 5.342.853	5.380.127	5.440.613	5.501.100	5.561.586	5.622.073	5.682.559	5.743.046	5.803.532	5.924.505
Energía eléctrica	\$/mes 1.347.266	1.380.948	1.414.629	1.448.311	1.481.993	1.515.674	1.549.356	1.583.038	1.616.719	1.684.083
	\$/año 16.167.193	16.571.373	16.975.553	17.379.733	17.783.913	18.188.092	18.592.272	18.996.452	19.400.632	20.208.992
Combustibles	\$/mes 1.801.410	1.846.445	1.891.481	1.936.516	1.981.551	2.026.586	2.071.622	2.116.657	2.161.692	2.251.763
	\$/año 21.616.922	22.157.345	22.697.768	23.238.191	23.778.614	24.319.038	24.859.461	25.399.884	25.940.307	27.021.153
Mantenimiento y materiales	\$/mes 2.768.429	2.837.640	2.906.850	2.976.061	3.045.272	3.114.482	3.183.693	3.252.904	3.322.115	3.460.536
	\$/año 33.221.146	34.051.674	34.882.203	35.712.731	36.543.260	37.373.789	38.204.317	39.034.846	39.865.375	41.526.432
Total mensual (\$)	12.135.956	12.289.238	12.444.457	12.599.675	12.754.894	12.910.112	13.065.331	13.220.549	13.375.768	13.686.204
Total anual (\$)	145.631.477	147.470.862	149.333.483	151.196.105	153.058.726	154.921.347	156.783.969	158.646.590	160.509.211	164.234.454

Tabla 39. Evolución de gastos de fabricación. Fuente: Elaboración propia.

6.2.11. Evolución de costos anuales

COSTOS ANUALES		AÑO 1		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		897.065.910	897.065.910
1.2	Insumos		109.645.417	109.645.417
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.006.711.328	1.083.032.389
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.342.853	5.358.715
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	16.167.193	23.802.202
2.4	Combustibles	25.118.957	21.616.922	46.735.880
2.5	Mantenimiento y materiales		33.221.146	33.221.146
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.225.448		1.225.448
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.283.362	76.348.114	145.631.477
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	675.701.945		675.701.945
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	43.280.640		43.280.640
3.6	Gastos generales - Otros	8.656.128		8.656.128
	Total administración	814.821.921	-	814.821.921
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	311.457.297		311.457.297
	Total financieros	313.533.679	-	313.533.679
	TOTAL	1.273.960.023	1.083.059.442	2.357.019.465

COSTOS ANUALES		AÑO 2		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		919.492.558	919.492.558
1.2	Insumos		112.386.553	112.386.553
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.031.879.111	1.108.200.172
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.380.127	5.395.989
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	16.571.373	24.206.382
2.4	Combustibles	25.118.957	22.157.345	47.276.303
2.5	Mantenimiento y materiales		34.051.674	34.051.674
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.252.428		1.252.428
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.310.342	78.160.520	147.470.862
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	675.701.945		675.701.945
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	49.171.616		49.171.616
3.6	Gastos generales - Otros	9.834.323		9.834.323
	Total administración	821.891.092	-	821.891.092
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	280.311.567		280.311.567
	Total financieros	282.387.949	-	282.387.949
	TOTAL	1.249.910.444	1.110.039.631	2.359.950.075

COSTOS ANUALES		AÑO 3		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		941.919.206	941.919.206
1.2	Insumos		115.127.688	115.127.688
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.057.046.894	1.133.367.955
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.440.613	5.456.475
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	16.975.553	24.610.562
2.4	Combustibles	25.118.957	22.697.768	47.816.726
2.5	Mantenimiento y materiales		34.882.203	34.882.203
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.279.432		1.279.432
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.337.346	79.996.138	149.333.483
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	675.701.945		675.701.945
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	50.373.856		50.373.856
3.6	Gastos generales - Otros	10.074.771		10.074.771
	Total administración	823.333.780	-	823.333.780
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	249.165.837		249.165.837
	Total financieros	251.242.219	-	251.242.219
	TOTAL	1.220.234.406	1.137.043.032	2.357.277.438

COSTOS ANUALES		AÑO 4		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		964.345.854	964.345.854
1.2	Insumos		117.868.824	117.868.824
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.082.214.677	1.158.535.738
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.501.100	5.516.962
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	17.379.733	25.014.741
2.4	Combustibles	25.118.957	23.238.191	48.357.149
2.5	Mantenimiento y materiales		35.712.731	35.712.731
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.306.435		1.306.435
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.364.349	81.831.755	151.196.105
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	412.735.464		412.735.464
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	51.576.096		51.576.096
3.6	Gastos generales - Otros	10.315.219		10.315.219
	Total administración	561.809.986	-	561.809.986
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	218.020.108		218.020.108
	Total financieros	220.096.490	-	220.096.490
	TOTAL	927.591.886	1.164.046.433	2.091.638.319

COSTOS ANUALES		AÑO 5		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		986.772.501	986.772.501
1.2	Insumos		120.609.959	120.609.959
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.107.382.461	1.183.703.522
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.561.586	5.577.448
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	17.783.913	25.418.921
2.4	Combustibles	25.118.957	23.778.614	48.897.572
2.5	Mantenimiento y materiales		36.543.260	36.543.260
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.333.438		1.333.438
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.391.353	83.667.373	153.058.726
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	412.735.464		412.735.464
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	52.778.336		52.778.336
3.6	Gastos generales - Otros	10.555.667		10.555.667
	Total administración	563.252.674	-	563.252.674
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	186.874.378		186.874.378
	Total financieros	188.950.760	-	188.950.760
	TOTAL	897.915.848	1.191.049.834	2.088.965.682

COSTOS ANUALES		AÑO 6		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		1.009.199.149	1.009.199.149
1.2	Insumos		123.351.095	123.351.095
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.132.550.244	1.208.871.305
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.622.073	5.637.935
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	18.188.092	25.823.101
2.4	Combustibles	25.118.957	24.319.038	49.437.995
2.5	Mantenimiento y materiales		37.373.789	37.373.789
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.360.442		1.360.442
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.418.356	85.502.991	154.921.347
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	393.037.233		393.037.233
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	53.980.576		53.980.576
3.6	Gastos generales - Otros	10.796.115		10.796.115
	Total administración	544.997.131	-	544.997.131
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	155.728.648		155.728.648
	Total financieros	157.805.030	-	157.805.030
	TOTAL	848.541.579	1.218.053.235	2.066.594.814

COSTOS ANUALES		AÑO 7		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		1.031.625.797	1.031.625.797
1.2	Insumos		126.092.230	126.092.230
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.157.718.027	1.234.039.088
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.682.559	5.698.421
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	18.592.272	26.227.281
2.4	Combustibles	25.118.957	24.859.461	49.978.418
2.5	Mantenimiento y materiales		38.204.317	38.204.317
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.387.445		1.387.445
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.445.359	87.338.609	156.783.969
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	393.037.233		393.037.233
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	55.182.816		55.182.816
3.6	Gastos generales - Otros	11.036.563		11.036.563
	Total administración	546.439.819	-	546.439.819
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	124.582.919		124.582.919
	Total financieros	126.659.301	-	126.659.301
	TOTAL	818.865.540	1.245.056.636	2.063.922.177

COSTOS ANUALES		AÑO 8		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		1.054.052.445	1.054.052.445
1.2	Insumos		128.833.365	128.833.365
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.182.885.810	1.259.206.871
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.743.046	5.758.908
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	18.996.452	26.631.461
2.4	Combustibles	25.118.957	25.399.884	50.518.841
2.5	Mantenimiento y materiales		39.034.846	39.034.846
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.414.449		1.414.449
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.472.363	89.174.227	158.646.590
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	393.037.233		393.037.233
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	56.385.056		56.385.056
3.6	Gastos generales - Otros	11.277.011		11.277.011
	Total administración	547.882.507	-	547.882.507
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	93.437.189		93.437.189
	Total financieros	95.513.571	-	95.513.571
	TOTAL	789.189.502	1.272.060.037	2.061.249.540

COSTOS ANUALES		AÑO 9		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		1.076.479.093	1.076.479.093
1.2	Insumos		131.574.501	131.574.501
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.208.053.593	1.284.374.654
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.803.532	5.819.394
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	19.400.632	27.035.641
2.4	Combustibles	25.118.957	25.940.307	51.059.264
2.5	Mantenimiento y materiales		39.865.375	39.865.375
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.441.452		1.441.452
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.499.366	91.009.845	160.509.211
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	393.037.233		393.037.233
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	57.587.296		57.587.296
3.6	Gastos generales - Otros	11.517.459		11.517.459
	Total administración	549.325.195	-	549.325.195
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	62.291.459		62.291.459
	Total financieros	64.367.841	-	64.367.841
	TOTAL	759.513.464	1.299.063.439	2.058.576.902

COSTOS ANUALES		AÑO 10		
Ítem	Concepto	Costo fijo	Costo variable	Total
1	Costos de producción			
1.1	Materias primas		1.121.332.388	1.121.332.388
1.2	Insumos		137.056.772	137.056.772
1.3	Mano de obra directa	76.321.061		76.321.061
	Total producción	76.321.061	1.258.389.160	1.334.710.221
2	Gastos de fabricación			
2.1	Mano de obra indirecta	25.200.115		25.200.115
2.2	Agua y saneamiento	15.862	5.924.505	5.940.367
2.3	Energía eléctrica	7.635.009	20.208.992	27.844.000
2.4	Combustibles	25.118.957	27.021.153	52.140.110
2.5	Mantenimiento y materiales		41.526.432	41.526.432
2.6	Indumentaria y EPP	8.097.660		8.097.660
2.7	Imprevistos y varios	1.495.459		1.495.459
2.8	Gastos de laboratorio	1.990.311		1.990.311
	Total gastos de fabricación	69.553.373	94.681.081	164.234.454
3	Costos de administración y comercialización			
3.1	Amortizaciones	393.037.233		393.037.233
3.2	Personal	79.858.893		79.858.893
3.3	Seguros	6.820.602		6.820.602
3.4	Telefonía e internet	503.712		503.712
3.5	Publicidad y marketing	59.871.552		59.871.552
3.6	Gastos generales - Otros	11.974.310		11.974.310
	Total administración	552.066.303	-	552.066.303
4	Costos financieros			
4.1	Gastos bancarios	2.076.382		2.076.382
4.2	Intereses bancarios	31.145.730		31.145.730
	Total financieros	33.222.112	-	33.222.112
	TOTAL	731.162.848	1.353.070.241	2.084.233.089

6.3. Gastos de puesta en marcha

COSTO DE PUESTA EN MARCHA				
Concepto	Quincena			
	1	2	3	4
Nivel de producción	25%	50%	75%	100%
m ³ producidos	818	1.636	2.455	3.273
Consumo de MP	63%	72%	81%	100%
Gasto en MP (\$ ARS)	28.599.754	32.889.717	37.179.680	45.759.606
Ocupación MOD	100%	100%	100%	100%
Gasto en MOD (\$ ARS)	4.230.049	4.230.049	4.230.049	4.230.049
Consumo de EE	63%	72%	81%	100%
Gasto de EE (\$ ARS)	619.849	712.826	805.804	991.758
Consumo de Agua	63%	72%	81%	100%
Gasto de Agua (\$ ARS)	139.550	160.482	181.415	223.280
Consumo Combustible	63%	72%	81%	100%
Gasto Combustible (\$ ARS)	1.217.080	1.399.642	1.582.204	1.947.328
Total de gastos (\$ ARS)	34.806.282	39.392.717	43.979.152	53.152.021
Gastos por unidad (\$ ARS/m ³)	42.541	24.073	17.917	16.241
Exceso por unidad (\$ ARS/m ³)	26.300	7.832	1.677	-
Exceso de gasto (\$ ARS)	21.518.276	12.816.706	4.115.136	-
Gasto total (\$ ARS)				38.450.118

Tabla 40. Gastos de puesta en marcha. Fuente: Elaboración propia.

7. Inversiones

7.1. Cálculo de las inversiones

Las inversiones implican aquellos bienes adquiridos y gastos realizados por la empresa para que la misma funcione. Estas se clasifican en: activos fijos, cargos diferidos y activos de trabajo. El cálculo de las inversiones se realiza en dólares americanos (USD) y en pesos argentinos cuando sea posible (ARS). Se tiene en cuenta una conversión de 1 USD = 904 ARS, según cotización del dólar financiero el 17 de noviembre de 2023.

7.1.1. Inversiones en activos fijos y asimilables.

7.1.1.1. Terreno

Se adquiere el terreno seleccionado que se encuentra en el Parque Industrial Campana de la Provincia de Buenos Aires. Tiene una superficie de 35.090 m² y un valor de \$ 1.742.503 en USD.

Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m ²)	Precio m ² (\$ USD)	Precio Terreno (\$ USD)	Precio (\$ ARS)
145	242	35.090	49,66	1.742.503	1.575.223.091

7.1.1.2. Edificios y obras civiles

Se realiza el cómputo de los costos de limpiezas y tareas previas, estructuras, construcción de las edificaciones, caminos y superficies pavimentadas, instalaciones eléctricas y sanitarias, en general.

Para los costos de construcción y mano de obra se estimaron a partir de las planillas y tablas realizadas por el Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba, con precios de agosto de 2019 que fueron actualizados por inflación con IPC acumulado de 982,66% según INDEC.

Ítem	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario (ARS)	Precio MO (ARS)	Parcial (ARS)	Total (ARS)
TRABAJOS PRELIMINARES							
1							
1.1	Limpieza del terreno, cartel obrador, baños químicos	global	1	3.950.000	1.050.000	5.000.000	13.000.000
1.2	Movimiento de tierra y excavaciones	global	1	6.320.000	1.680.000	8.000.000	
ESTRUCTURA							
2							
2.1	Hormigón armado	m3	500	123.500	66.500	95.000.000	106.040.000
2.2	Vigas y columnas de acero	m	600	14.536	3.864	11.040.000	
PAVIMENTO							
3							
3.1	Pavimento de hormigón 20 cm	m2	10.900	15.826	10.469	286.618.225	286.618.225
CONTRAPISO Y CARPETAS							
4							
4.1	Contrapiso de hormigón armado 12 cm	m2	5.571	13.664	10.469	134.442.993	179.797.139
4.2	Contrapiso de hormigón espesor 12 cm	m2	684	7.923	5.062	8.882.034	
4.3	Carpeta de nivelación	m2	5.571	3.008	3.539	36.472.111	
PISO							
5							
5.1	Cemento alisado reforzado	m2	5.571	2.674	5.210	43.919.870	57.434.115
5.2	Cerámico alto tránsito	m2	684	7.097	6.242	9.124.088	
5.3	Losetas de hormigón para vereda	m2	412	5.642	5.013	4.390.157	
ZOCALOS							
6							
6.1	De cemento alisado	m	866	482	2.408	2.502.757	3.456.818
6.2	De cerámico	m	337	816	2.015	954.060	
MAMPOSTERÍA							
7							
7.1	Bloque de HCCA 25 cm	m2	3.622	22.353	6.832	105.709.048	115.253.978
7.2	Bloque de HCCA 15 cm	m2	500	12.946	6.144	9.544.930	
REVOQUES							
8							
8.1	Revoques grueso y fino interior	m2	500	2.969	7.028	4.998.555	43.878.407
8.2	Revoque completo exterior	m2	3.622	3.165	7.569	38.879.852	
PINTURA							
9							
9.1	Pintura interior	m2	3.470	1.121	934	7.129.011	16.321.535
9.2	Pintura exterior	m2	2.950	1.986	1.130	9.192.525	
REVESTIMIENTO							
10							
10.1	De cerámico	m2	684	6.901	6.586	9.224.944	9.224.944
CIELORRASO							
11							
11.1	Cielorraso suspendido junta tomada	m2	684	10.793	5.210	10.946.216	10.946.216
CUBIERTA							
12							
12.1	Chapa cincalum y estructura metálica	m2	5.780	3.952	28.940	190.111.020	190.111.020
ABERTURAS							
13							
13.1	Puerta de aluminio	unidades	29	48.747	12.288	1.770.000	5.189.001
13.2	Puerta de acceso peatonal	unidades	1	32.498	12.288	44.785	
13.3	Puerta a dos hojas	unidades	9	150.684	14.745	1.488.862	
13.4	Porton 6 m	unidades	6	88.637	49.150	826.723	
13.5	Porton corredizo 10 m	unidades	2	121.863	49.150	342.025	
13.6	Ventanas	unidades	27	19.660	6.881	716.607	
CERCO PERIMETRAL							
14							
14.1	Columnas metálicas cada 6 m	unidades	104	32.498	3.106	3.702.843	29.773.713
14.2	Mampostería de ladrillo común	m	145	2.458	3.106	806.748	
14.3	Alambrado olímpico 2 m con terminado en hiledas de alambre de pua	m	622	40.618	-	25.264.122	
INSTALACIONES							
15							
15.1	Sanitaria	global	1	15.857.062	4.142.938	20.000.000	105.500.000
15.2	Eléctrica	global	1	24.161.715	20.838.285	45.000.000	
15.3	Instalación contra incendios	global	1	21.745.543	18.754.457	40.500.000	
TOTAL COSTO-COSTO							1.172.545.112
Gastos Generales 15%							175.881.767
Beneficio 10%							117.254.511
SUBTOTAL 1							1.465.681.389
Impuestos IVA - 24,50%							359.091.940
TOTAL PRESUPUESTO							1.824.773.330

7.1.1.3. Equipos

Los costos de los equipos se estimaron a partir de consulta a proveedores, páginas web de ventas y correlaciones de bibliografía técnica, en especial Seider y otros, 2017. Los precios fueron actualizados teniendo en cuenta el *Chemical Engineering Plant Cost Index*(CEPCI) de 2022, CEPCI=813.

En todos los casos se presenta la cotización en dólares del equipo, la conversión a pesos argentinos teniendo en cuenta los lineamientos anteriores y el costo del equipo y los totales con y sin IVA.

EQUIPOS PRINCIPALES									
Ítem	Equipo	Fabricante	Modelo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)	Precio Unitario s/IVA (ARS)	Precio total s/IVA (ARS)	Precio total c/IVA (ARS)
1	Molino de bolas	TEEYER	1200x4500	1	280.358	280.358	253.443.921	253.443.921	306.667.145
2	Tanques de suspensión	Diseño propio	Único	2	42.153	84.305	38.105.925	76.211.849	92.216.337
3	Tanque de mezcla	JIANGSU SANKON BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO.,LTD.	PM3-1	1	79.826	79.826	72.162.540	72.162.540	87.316.673
4	Silos de sólidos	EUROMAXARGENTINA	M 75	3	29.646	88.938	26.799.993	80.399.980	97.283.976
5	Moldes	JIANGSU SANKON BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO.,LTD.	M 5	12	9.882	118.584	8.933.331	107.199.974	129.711.968
6	Cortadora	Changzhou Success Building Material Machinery Co., Ltd	601.206	1	46.000	46.000	41.584.000	41.584.000	50.316.640
7	Autoclaves	Diseño propio	Único	3	425.187	1.275.560	384.368.619	1.153.105.856	1.395.258.086
8	Separadora	Onway (Shanghai) Automation Engineering Co., Ltd	Separadora	1	179.608	179.608	162.365.715	162.365.715	196.462.515
9	Paleizador	JIANGSU SANKON BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO.,LTD.	Block pallet machine	1	119.739	119.739	108.243.810	108.243.810	130.975.010
10	Embaladora	Fujian Unik Machinery Technology Co.,Ltd	Block packing machine	1	95.791	95.791	86.595.048	86.595.048	104.780.008
TOTAL						2.368.709		2.141.312.693	2.590.988.359

EQUIPOS AUXILIARES									
Ítem	Equipo	Fabricante	Modelo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)	Precio Unitario s/IVA (ARS)	Precio total s/IVA (ARS)	Precio total c/IVA (ARS)
1	Báscula de camiones	Basculas Magnino	MGF - 2860 M	1	6.173	6.173	5.580.392	5.580.392	6.752.274
2	Balanza de sólidos	Tustanovsky	BIC	3	5.000	15.000	4.520.000	13.560.000	16.407.600
3	Dosificador de pasta	Yushine	SCM-20	1	5.630	5.630	5.089.520	5.089.520	6.158.319
4	Mesa basculante	JIANGSU SANKON BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO.,LTD.	Mesa basculante	2	19.764	39.528	17.866.662	35.733.325	43.237.323
5	Aspiradora	TEEYER	VSH	1	18.400	18.400	16.633.600	16.633.600	20.126.656
TOTAL						84.731		76.596.837	92.682.172

EQUIPOS PARA TRANSPORTE DE SÓLIDOS									
Ítem	Equipo	Fabricante	Modelo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)	Precio Unitario s/IVA (ARS)	Precio total s/IVA (ARS)	Precio total c/IVA (ARS)
1	Cargador frontal	XCMG	LW180K	1	60.000	60.000	54.240.000	54.240.000	65.630.400
2	Autoelevador	MICHIGAN	ME3 45T - 10582130N.C	3	15.100	45.300	13.650.400	40.951.200	49.550.952
3	Elevador de cangilones	Martin Sprocket	C127-131	3	30.451	91.354	27.528.154	82.584.461	99.927.198
4	Tolva de arena	EUROMAX	24"524	1	40.794	40.794	36.878.199	36.878.199	44.622.621
5	Transporte de tornillos	Ferraz	Tornillo dos	6	22.622	135.733	20.450.460	122.702.762	148.470.343
6	Puente grúa	TEEYER	Tiling Hoister	3	67.867	203.600	61.351.381	184.054.144	222.705.514
7	Empujador de moldes	JIANGSU SANKON BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO.,LTD.	Friction Drive Wheel	10	12.693	126.930	11.474.472	114.744.720	138.841.111
8	Transporte de cadenas	JIANGSU SANKON BUILDING MATERIALS TECHNOLOGY CO.,LTD.	Strand Chain conveyor	1	113.460	113.460	102.568.045	102.568.045	124.107.335
TOTAL						817.172		738.723.531	893.855.473

EQUIPOS PARA IMPULSIÓN									
Ítem	Equipo	Fabricante	Modelo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)	Precio Unitario s/IVA (ARS)	Precio total s/IVA (ARS)	Precio total c/IVA (ARS)
1	Bomba de lechada	Eddy Pump	HD1K	1	389	389	352.000	352.000	425.920
2	Bomba de lechada	Eddy Pump	HD 5000	2	1.168	2.336	1.056.000	2.112.000	2.555.520
3	Bomba de hormigón	Putzmeister	KOV 1470	1	12.655	12.655	11.440.000	11.440.000	13.842.400
4	Bomba de agua	Czerweny	CM65-125B	2	730	1.460	659.920	1.319.840	1.597.006
5	Bomba de caldera	Czerweny	BL 8-12	1	1.300	1.300	1.175.200	1.175.200	1.421.992
6	Bomba de barro	Eddy Pump	HD2K	1	389	389	352.000	352.000	425.920
TOTAL						18.530		16.751.040	20.268.758

EQUIPOS PARA LABORATORIO							
Ítem	Equipo	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)	Precio Unitario s/IVA (ARS)	Precio total s/IVA (ARS)	Precio total c/IVA (ARS)
1	Prensa hidráulica	1	6.664	6.664	6.023.989	6.023.989	7.289.027
2	Molino de mesada	1	4.935	4.935	4.461.240	4.461.240	5.398.100
3	Balanza analítica	1	7.650	7.650	6.915.901	6.915.901	8.368.240
4	Molde para probeta	18	46	824	41.382	744.876	901.300
5	Balanza industrial	1	644	644	581.900	581.900	704.099
6	Elementos de vidrio	1	500	500	452.000	452.000	546.920
7	Reactivos	1	800	800	723.200	723.200	875.072
TOTAL				22.017		19.903.106	24.082.758

7.1.1.4. Instalaciones industriales

Se incluyen las instalaciones que se requieren para suministrar los servicios y la operación de los equipos. El costo para los accesorios se estima como un 15% del costo de la inversión total de las cañerías y el costo de instalación como un 15%. Los precios se obtuvieron del proveedor Famiq.

Se incluyen la estimación de la instalación eléctrica de la planta.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
Ítem	Concepto	Cantidad	Costo unitario (ARS)	Costo total s/IVA (ARS)	Costo total c/IVA (ARS)
1	Acometida completa	1	105.954	105.954	128.204
2	Tablero	11	405.811	4.463.921	5.401.344
3	Transformador	1	21.750.000	21.750.000	26.317.500
TOTAL				26.319.875	31.847.049

CANERÍAS													
Ítem	Código	Concepto	Material	Sch	DN (in)	Longitud (m)	Costo unitario (USD/m)	Costo unitario (ARS/m)	Costo total (ARS)	Costo instalación (ARS)	Costo accesorios (ARS)	Costo total s/IVA (ARS)	Costo total c/IVA (ARS)
1	PP-01	Lechada	ASTM A312	40S	1 ½	21,1	92	83.222	1.752.660	262.899	1.752.660	3.768.220	4.559.546
2	PP-02	Lechada	ASTM A312	40S	5	22,0	504	455.923	10.021.195	1.503.179	10.021.195	21.545.570	26.070.140
3	PP-03	Lechada	ASTM A312	40S	5	22,0	504	455.923	10.021.195	1.503.179	10.021.195	21.545.570	26.070.140
4	PP-04	Hormigón	ASTM A312	40S	6	35,4	654	591.650	20.932.574	3.139.886	20.932.574	45.005.034	54.456.092
5	PP-05	Vapor	ASTM A312	80S	6	34,7	1.177	1.064.243	36.907.949	5.536.192	36.907.949	79.352.090	96.016.028
6	PP-06	Agua	ASTM A312	40S	2	47,8	123	111.490	5.325.893	798.884	5.325.893	11.450.669	13.855.310
7	PP-07	Agua	ASTM A312	40S	2	11,4	123	111.490	1.269.875	190.481	1.269.875	2.730.231	3.303.579
8	PP-08	Agua	ASTM A312	40S	2	145,8	123	111.490	16.254.174	2.438.126	16.254.174	34.946.474	42.285.233
9	PP-09	Agua	ASTM A312	40S	1	45,0	59	52.992	2.384.662	357.699	2.384.662	5.127.022	6.203.697
10	PP-10	Pasta de aluminio	ASTM A312	40S	½	11,2	31	27.717	309.041	46.356	309.041	664.437	803.969
11	PP-11	Agua	ASTM A312	40S	2	120,3	123	111.490	13.410.056	2.011.508	13.410.056	28.831.620	34.886.260
12	PP-12	Barro de scrap	ASTM A312	40S	2	81,7	123	111.490	9.105.414	1.365.812	9.105.414	19.576.641	23.687.736
13	CF	Hidrate	ASTM A313	40S	2	116,7	123	111.490	13.006.461	1.950.969	13.006.461	27.963.891	33.836.308
TOTAL									140.701.148	21.105.172	140.701.148	302.507.469	366.034.037

7.1.1.5. Muebles y útiles

Se calculan los costos de los utilitarios de oficina y los elementos necesarios en comedor y baños, a partir de precios de Mercado Libre y Amazon.

MUEBLES Y ÚTILES							
Ítem	Sector	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo unitario (ARS)	Costo total s/IVA (ARS)	Costo total c/IVA (ARS)
1	Oficinas	PC	15	300,0	271.200	4.068.000	4.922.280
2	Oficinas	Escritorio	15	85,7	77.500	1.162.500	1.406.625
3	Oficinas	Impresora	2	663,7	600.000	1.200.000	1.452.000
4	Oficinas	Silla de escritorio	15	75,1	67.900	1.018.500	1.232.385
5	Oficinas	Sillones	3	182,5	165.000	495.000	598.950
6	Oficinas	Sillas de oficina	20	50,4	45.599	911.980	1.103.496
7	Oficinas	Mesa ratona	1	44,5	40.200	40.200	48.642
8	Oficinas	Armario	13	304,1	274.900	3.573.700	4.324.177
9	Comedor	Mesa de comedor	3	840,4	759.686	2.279.058	2.757.660
10	Comedor	Sillas	36	21,7	19.579	704.844	852.861
11	Comedor	Heladera	4	885,0	800.000	3.200.000	3.872.000
12	Comedor	Cocina	3	724,7	655.098	1.965.294	2.378.006
13	Comedor	Cafetera	3	232,3	209.999	629.997	762.296
14	Comedor	Bajomesada	5	61,1	55.239	276.195	334.196
15	Comedor	Bacha con bajo mesada	3	99,6	90.000	270.000	326.700
16	Comedor	Microondas	3	115,4	104.299	312.897	378.605
17	General	Lockers	42	32,1	29.000	1.218.000	1.473.780
18	Laboratorio	Mesada	4	995,6	900.000	3.600.000	4.356.000
19	Laboratorio	Bajomesada	4	61,1	55.243	220.974	267.378
20	Laboratorio	Bacha	3	99,6	90.002	270.007	326.708
TOTAL						27.417.145	33.174.746

7.1.1.6. Luminarias

Se incluyen los costos totales de los equipos de iluminación y también su instalación, estimando a partir de catálogos de Philips y precios en Mercado Libre.

LUMINARIAS						
Ítem	Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo unitario (ARS)	Costo total s/IVA (ARS)	Costo total c/IVA (ARS)
1	GreenPerform Highbay Rectangular BY570X LED250/CW	67	170,35	154.000	26.234.513	31.743.761
2	Essential LED Panel RC035	88	25,58	23.128	591.708	715.967
3	SmartBright Road	69	221,24	200.000	44.247.788	53.539.823
TOTAL					71.074.009	85.999.551

7.1.2. Inversiones en cargos diferidos

Los cargos diferidos son aquellos gastos en los que incurre la empresa para la realización del proyecto mismo y hasta que la operación de la planta entra en régimen. Estos cargos se asimilan a activos fijos y se amortizan con el mismo criterio de 3 años.

CARGOS DIFERIDOS				
Ítem	Concepto	Porcentaje de Activos Fijos	Costo Año 0 (ARS)	Costo Año 1 (ARS)
1	Gastos de Administración e Ingeniería	2%	136.412.043	
2	Investigación y Estudios	3%	204.618.064	
3	Imprevistos	1%	68.206.021	
4	Organización de la empresa	1%	68.206.021	
5	Gastos de puesta en marcha			38.450.118
6	Intereses preoperativos		311.457.297	
TOTAL			788.899.445	38.450.118

7.1.3. Inversiones en activos de trabajo

Se refiere a las inversiones relacionadas a asegurar la continuidad del proceso. Se incluyen: stocks de materia prima, insumos, producto terminado y la disponibilidad de caja y bancos. Este último monto se estima a partir de la suma de los costos de Mano de Obra, Personal, Combustible, Agua, Electricidad, Imprevistos y Comunicaciones.

Las inversiones de AF se realizan en base a los siguientes criterios prefijados:

- La inversión en Stock de MP e Insumos previo a producción (Año 0) es del 10% con respecto a la cantidad demandada para el primer año. Esto comprende la disponibilidad de arena, cemento, cal, yeso, pasta de aluminio, bolas, pallets y film stretch.
- El Stock de PT en el año 1 es del 10% de lo producido e incrementa gradualmente en todo el periodo de análisis.
- La producción en metros cúbicos se reparte en un 80% para los bloques y un 20% para los tabiques.

ACTIVOS DE TRABAJO												
Detalle	Unidad	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Stock de bloques	unidades/año	-	512.000	524.800	537.600	550.400	563.200	576.000	588.800	601.600	614.400	640.000
	ARS	-	739.840.000	758.336.000	776.832.000	795.328.000	813.824.000	832.320.000	850.816.000	869.312.000	887.808.000	924.800.000
Stock de tabiques	unidades/año	-	128.000	131.200	134.400	137.600	140.800	144.000	147.200	150.400	153.600	160.000
	ARS	-	110.976.000	113.750.400	116.524.800	119.299.200	122.073.600	124.848.000	127.622.400	130.396.800	133.171.200	138.720.000
TOTAL PT	ARS	-	850.816.000	872.086.400	893.356.800	914.627.200	935.897.600	957.168.000	978.438.400	999.708.800	1.020.979.200	1.063.520.000
Stock de arena	tn/año	1.905	1.952	2.000	2.048	2.095	2.143	2.190	2.238	2.286	2.334	2.381
	ARS	12.231.884	12.231.884	12.537.681	12.843.478	13.149.275	13.455.072	13.760.869	14.066.666	14.372.463	14.678.260	15.289.854
Stock de cemento	tn/año	494	494	506	518	531	543	556	568	580	593	617
	ARS	27.702.017	27.702.017	28.394.568	29.087.118	29.779.668	30.472.219	31.164.769	31.857.320	32.549.870	33.242.421	34.627.521
Stock de cal	tn/año	370	370	380	389	398	407	417	426	435	444	463
	ARS	14.443.565	14.443.565	14.804.654	15.165.743	15.526.832	15.887.922	16.249.011	16.610.100	16.971.189	17.332.278	18.054.456
Stock de yeso	tn/año	87	87	89	91	93	95	97	99	102	104	108
	ARS	898.376	898.376	920.835	943.295	965.754	988.214	1.010.673	1.033.132	1.055.592	1.078.051	1.122.970
Stock de pasta de aluminio	tn/año	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	8
	ARS	34.430.749	34.430.749	35.291.518	36.152.287	37.013.056	37.873.824	38.734.593	39.595.362	40.456.130	41.316.899	43.038.437
Stock de bolas de acero	kg/año	4.263	4.263	4.369	4.476	4.583	4.689	4.796	4.902	5.009	5.115	5.329
	ARS	5.326.465	5.326.465	5.459.627	5.592.789	5.725.950	5.859.112	5.992.274	6.125.435	6.258.597	6.391.758	6.658.082
Stock de pallets de madera	unidades/año	5.052	5.052	5.178	5.304	5.430	5.557	5.683	5.809	5.936	6.062	6.314
	ARS	5.050.247	5.050.247	5.176.503	5.302.759	5.429.015	5.555.272	5.681.528	5.807.784	5.934.040	6.060.296	6.312.809
Stock de film	m/año	18.544	18.544	19.007	19.471	19.934	20.398	20.861	21.325	21.789	22.252	23.179
	ARS	587.829	587.829	602.525	617.221	631.917	646.612	661.308	676.004	690.700	705.395	734.787
TOTAL MP E INSUMOS	ARS	100.671.133	100.671.133	103.187.911	105.704.689	108.221.468	110.738.246	113.255.024	115.771.803	118.288.581	120.805.359	125.838.916
TOTAL STOCK EPP	ARS	-	8.097.660									
TOTAL CAJA Y BANCO	ARS	-	302.286.667	309.186.500	311.420.832	313.655.165	315.889.498	318.123.830	320.358.163	322.592.496	324.826.828	329.175.270
TOTAL ACTIVOS DE TRABAJO	ARS	100.671.133	1.261.871.460	1.292.558.471	1.318.579.982	1.344.601.493	1.370.623.004	1.396.644.515	1.422.666.026	1.448.687.537	1.474.709.048	1.526.631.846
INCREMENTOS EN AT	ARS	100.671.133	1.161.200.327	30.687.011	26.021.511	51.922.798						

7.2. Planilla de inversiones totales

En la siguiente planilla se definen todas las inversiones realizadas desde el año 0 hasta el fin del periodo de análisis.

Los criterios de disponibilidad adoptados tienen en cuenta las aclaraciones anteriores y son:

- Todas las inversiones en activos fijos se realizan en el año 0 y se amortizan según los criterios definidos en la siguiente sección.

PLANILLA DE INVERSIONES

Rubro	Año 0 (ARS)	Año 1 (ARS)	Año 2 (ARS)	Año 3 (ARS)	Año 4 (ARS)	Año 5 (ARS)	Año 6 (ARS)	Año 7 (ARS)	Año 8 (ARS)	Año 9 (ARS)	Año 10 (ARS)	Total periodo de análisis (ARS)
Terreno	1.575.223.091	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.575.223.091
Edificio y obras civiles	1.824.773.330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.824.773.330
Equipos	2.993.287.207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.993.287.207
Instalaciones industriales	328.827.344	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	328.827.344
Muebles y útiles	27.417.145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.417.145
Luminarias	71.074.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71.074.009
SUBTOTAL ACTIVO FIJO	6.820.602.126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.820.602.126
Gastos de Administración e Ingeniería	136.412.043	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136.412.043
Investigación y Estudios	204.618.064	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	204.618.064
Imprevistos	68.206.021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68.206.021
Organización de la empresa	68.206.021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68.206.021
Gastos de puesta en marcha	-	38.450.118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.450.118
Intereses preoperativos	311.457.297	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	311.457.297
SUBTOTAL CARGOS DIFERIDOS	788.899.445	38.450.118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	827.349.563
TOTAL ACTIVO FIJO Y CD	7.609.501.571	38.450.118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.647.951.689
IVA sobre AF y CD (21%)	818.590.049	8.074.525	-	-	-	-	-	-	-	-	-	826.664.574
INCREMENTO ACTIVOS DE TRABAJO	100.671.133	1.161.200.327	30.687.011	26.021.511	1.526.631.846							
TOTAL INVERSIONES	8.528.762.753	1.207.724.969	30.687.011	26.021.511	10.001.248.109							

7.3. Planilla de amortizaciones

Las amortizaciones implican la depresión que sufren los bienes, equipos, inmuebles, muebles y útiles por el uso de estos y/o por el paso del tiempo. El valor residual es el que tienen los bienes luego de la amortización y resulta de la diferencia entre la inversión inicial y los años de amortización dentro del periodo de análisis.

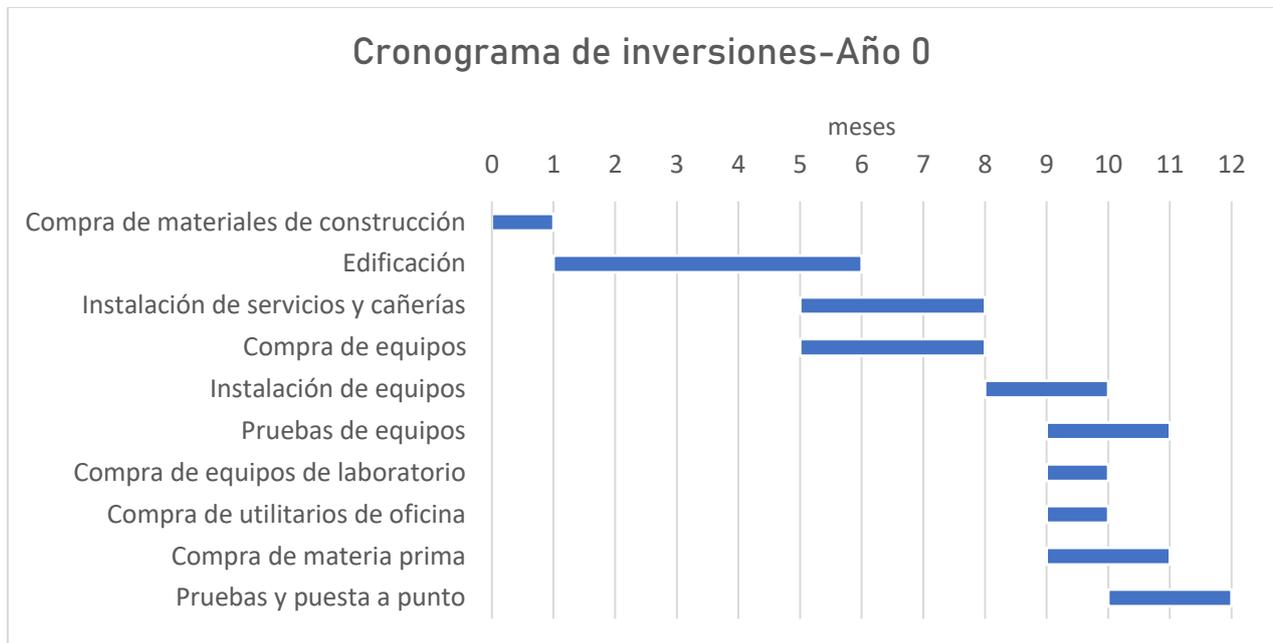
Los criterios adoptados para las amortizaciones son:

- Terrenos: No se deprecian.
- Obras Civiles: Se amortizan en 30 años
- Instalaciones: Se amortizan en 10 años
- Equipos: Se amortizan en 10 años
- Muebles y útiles: Se amortizan en 5 años
- Cargos diferidos: Se amortizan en 3 años.

AMORTIZACIONES														
Rubro	Inversión inicial (ARS)	Tiempo de amortización (años)	Año 1 (ARS)	Año 2 (ARS)	Año 3 (ARS)	Año 4 (ARS)	Año 5 (ARS)	Año 6 (ARS)	Año 7 (ARS)	Año 8 (ARS)	Año 9 (ARS)	Año 10 (ARS)	Total amortización (ARS)	Valor residual (ARS)
Terreno	1.575.223.091	30	60.825.778	60.825.778	60.825.778	60.825.778	60.825.778	60.825.778	60.825.778	60.825.778	60.825.778	60.825.778	608.257.777	1.575.223.091
Obras civiles	1.824.773.330	10	32.882.734	32.882.734	32.882.734	32.882.734	32.882.734	32.882.734	32.882.734	32.882.734	32.882.734	32.882.734	328.827.344	-
Instalaciones industriales	328.827.344	10	299.328.721	299.328.721	299.328.721	299.328.721	299.328.721	299.328.721	299.328.721	299.328.721	299.328.721	299.328.721	2.993.287.207	-
Equipos	2.993.287.207	5	5.483.429	5.483.429	5.483.429	5.483.429	5.483.429	5.483.429	5.483.429	5.483.429	5.483.429	5.483.429	27.417.145	-
Muebles y útiles	27.417.145	5	14.214.802	14.214.802	14.214.802	14.214.802	14.214.802	14.214.802	14.214.802	14.214.802	14.214.802	14.214.802	71.074.009	-
Luminarias	71.074.009	3	262.966.482	262.966.482	262.966.482	262.966.482	262.966.482	262.966.482	262.966.482	262.966.482	262.966.482	262.966.482	788.899.445	-
Cargos diferidos	788.899.445													
TOTAL MENSUAL	634.125.131		56.308.495	56.308.495	56.308.495	34.394.422	34.394.422	32.753.103	32.753.103	32.753.103	32.753.103	32.753.103	401.480.264	232.644.887
TOTAL ANUAL	7.609.501.571		675.701.945	675.701.945	675.701.945	412.735.464	412.735.464	393.037.233	393.037.233	393.037.233	393.037.233	393.037.233	4.817.762.927	2.191.738.644

7.4. Cronograma de inversiones

En el siguiente diagrama de Gantt se presentan los tiempos estimados para la realización de cada etapa del proyecto hasta el comienzo de las actividades.



8. Financiamiento

8.1. Fuentes de financiamiento

Los fondos de financiamiento del total de las inversiones previstas durante todo el período de análisis provienen del capital propio y de créditos de inversión de Bancos.

Los aportes de capital propio corresponden al 70% del total de las inversiones en activos fijos y activos de trabajo, mientras que los créditos de inversión constituyen el 30% de las inversiones en activos fijos y activos de trabajo del año 0. Los cargos diferidos se asumen el 100% con capital propio.

Los aportes de capital externo provienen de un crédito bancario correspondiente a la Línea de Créditos para Pequeñas y Medianas Empresas denominada "Carlos Pellegrini", que otorga el Banco Nación. Se tiene en cuenta una tasa anual de interés del 15%.

El monto del crédito es de ARS \$ 2.076.381.978. El crédito se amortiza de acuerdo al sistema alemán y se otorga con un plazo para saldar la deuda de 10 años.

8.2. Planilla de financiamiento

En la siguiente planilla se detallan los montos de inversión y la participación de cada tipo de capital para las inversiones del año 0.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO				
Rubro	Capital Propio	Capital Bancario	Tasa de Interés	TOTAL
INV. EN ACTIVO FIJO	70%	30%		
Terreno	1.102.656.163	472.566.927	15%	1.575.223.091
Edificio y obras civiles	1.277.341.331	547.431.999		1.824.773.330
Equipos	2.095.301.045	897.986.162		2.993.287.207
Instalaciones industriales	230.179.140	98.648.203		328.827.344
Muebles y útiles	19.192.002	8.225.144		27.417.145
Luminarias	49.751.806	21.322.203		71.074.009
SUBTOTAL ACTIVO FIJO	4.774.421.488	2.046.180.638		
INV. EN CARGOS DIFERIDOS	100%	0%		
Gastos de Administración e Ingeniería	136.412.043	-	15%	136.412.043
Investigación y Estudios	204.618.064	-		204.618.064
Imprevistos	68.206.021	-		68.206.021
Organización de la empresa	68.206.021	-		68.206.021
Intereses preoperativos	311.457.297	-		311.457.297
SUBTOTAL CARGOS DIFERIDOS	788.899.445	-		
IVA sobre AF y CD	818.590.049			818.590.049
INV. EN ACTIVOS DE TRABAJO	70%	30%		
Stock MP e Insumos	70.469.793	30.201.340	15%	100.671.133
SUBTOTAL ACTIVOS DE TRABAJO	70.469.793	30.201.340		100.671.133
TOTAL INVERSIONES	6.452.380.776	2.076.381.978		8.528.762.753

8.2.1. Planilla de servicios de la deuda

En la siguiente planilla se detallan los capitales vivos, las cuotas y los intereses del crédito asignado con su progresión según el sistema alemán.

SERVICIOS DE LA DEUDA					
Monto del Préstamo (ARS)		2.076.381.978			
TNA		0			
Año	Capital vivo (ARS)	Amortizaciones de Capital (ARS)	Intereses (ARS)	Cuota (ARS)	Capital Resultante (ARS)
0	2.076.381.978	-	311.457.297	-	2.076.381.978
1	2.076.381.978	207.638.198	311.457.297	519.095.494	1.868.743.780
2	1.868.743.780	207.638.198	280.311.567	487.949.765	1.661.105.582
3	1.661.105.582	207.638.198	249.165.837	456.804.035	1.453.467.384
4	1.453.467.384	207.638.198	218.020.108	425.658.305	1.245.829.187
5	1.245.829.187	207.638.198	186.874.378	394.512.576	1.038.190.989
6	1.038.190.989	207.638.198	155.728.648	363.366.846	830.552.791
7	830.552.791	207.638.198	124.582.919	332.221.116	622.914.593
8	622.914.593	207.638.198	93.437.189	301.075.387	415.276.396
9	415.276.396	207.638.198	62.291.459	269.929.657	207.638.198
10	207.638.198	207.638.198	31.145.730	238.783.927	0
TOTAL EJERCICIO		2.076.381.978	2.024.472.428	3.789.397.109	

9. Resultados

9.1. Determinación del punto de equilibrio

El punto de equilibrio porcentual se determina a partir de la expresión:

$$PE (\%) = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Ventas} - \text{Costos Variables}} \times 100$$

El punto de equilibrio en unidades vendidas se determina a partir de la expresión:

$$PE(U) = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Ventas por Unidad} - \text{Costos Variables por Unidad}} \times 100$$

Los resultados se exponen a continuación:

PUNTO DE EQUILIBRIO							
Año	Costos Fijos (ARS)	Costos Variables (ARS)	Costos Totales (ARS)	Ventas (unidades)	Ventas (ARS)	PE (unidades)	PE (%)
1	1.273.960.023	1.083.059.442	2.357.019.465	3.456.000	4.328.064.000	1.356.795	39%
2	1.249.910.444	1.110.039.631	2.359.950.075	3.926.400	4.917.161.600	1.289.070	33%
3	1.220.234.406	1.137.043.032	2.357.277.438	4.022.400	5.037.385.600	1.258.420	31%
4	927.591.886	1.164.046.433	2.091.638.319	4.118.400	5.157.609.600	956.588	23%
5	897.915.848	1.191.049.834	2.088.965.682	4.214.400	5.277.833.600	925.955	22%
6	848.541.579	1.218.053.235	2.066.594.814	4.310.400	5.398.057.600	875.012	20%
7	818.865.540	1.245.056.636	2.063.922.177	4.406.400	5.518.281.600	844.385	19%
8	789.189.502	1.272.060.037	2.061.249.540	4.502.400	5.638.505.600	813.762	18%
9	759.513.464	1.299.063.439	2.058.576.902	4.598.400	5.758.729.600	783.141	17%
10	731.162.848	1.353.070.241	2.084.233.089	4.780.800	5.987.155.200	754.311	16%

En el siguiente gráfico se observa que el punto de equilibrio porcentual evoluciona en forma decreciente, desde un 39% para el año 1 hasta llegar a un 16% en el fin del periodo de análisis.

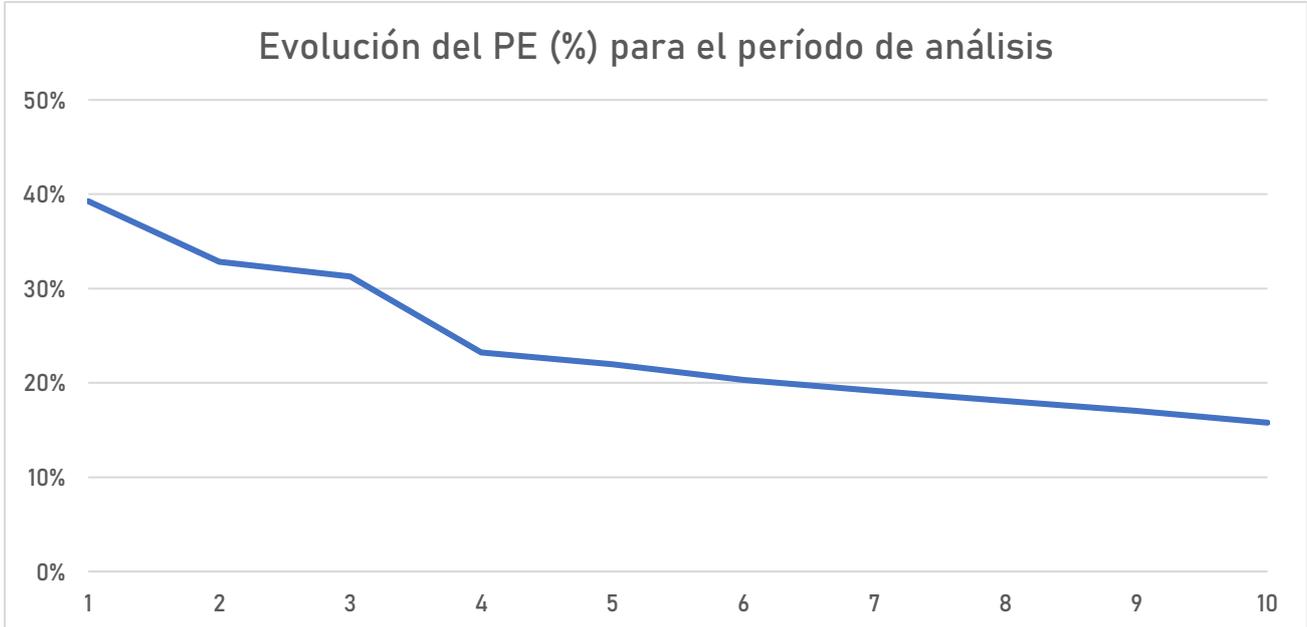


Figura 68. Evolución del Punto de Equilibrio Porcentual para todo el período de análisis. Fuente: Elaboración propia.

Esta reducción marcada se debe, en un primer momento, a la disminución del aporte que tienen los costos fijos sobre los costos totales, ya que al inicio se producen pocas unidades en las que estos pueden diluirse. A medida que aumenta el nivel de producción, también lo hacen las ventas y los costos variables, pero este aumento va acompañado por un incremento del margen de contribución, que permite la reducción del punto de equilibrio hasta niveles satisfactorios.

9.2. Cuadro de fuentes y usos de fondos

Se presentan los flujos estimados de dinero. Es posible evaluar los requerimientos de dinero que puedan surgir y se observa el origen y destino de los fondos. Los cálculos se realizan sobre valores netos, sin IVA, con excepción de las inversiones.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
FUENTES Y USOS DE FONDOS											
FUENTES											
Saldo ejercicio anterior (\$ ARS)	-	-	3.145.855.721	5.298.007.245	7.521.967.058	9.733.771.417	12.025.458.589	14.390.134.195	16.834.692.616	19.359.133.850	21.963.457.898
Aportes de capital propio (\$ ARS)	6.452.380.776	1.207.724.969	30.887.011	26.021.511	26.021.511	26.021.511	26.021.511	26.021.511	26.021.511	26.021.511	51.922.798
Créditos no renovables (\$ ARS)	2.076.381.978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventas (\$ ARS)	-	4.328.064.000	4.917.161.600	5.037.385.600	5.157.609.600	5.277.833.600	5.398.057.600	5.518.281.600	5.638.505.600	5.758.729.600	5.987.155.200
Reintegro IVA (\$ ARS)	-	818.590.049	8.074.525	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal de Fuentes (\$ ARS)	8.528.762.753	6.354.379.019	8.101.778.857	10.361.414.356	12.705.598.169	15.037.626.528	17.449.637.700	19.934.437.306	22.489.219.727	25.143.884.961	28.002.535.896
USOS											
Incremento activo fijo y CD (\$ ARS)	8.428.091.621	46.524.643	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Incremento activo de trabajo (\$ ARS)	100.671.133	1.161.200.327	30.887.011	26.021.511	26.021.511	26.021.511	26.021.511	26.021.511	26.021.511	26.021.511	51.922.798
Costo total de lo vendido (\$ ARS)	-	1.467.753.347	2.338.679.675	2.336.007.038	2.070.367.919	2.067.695.282	2.045.324.414	2.042.651.777	2.039.979.140	2.037.306.502	2.041.692.289
Impuesto a las ganancias (35%) (\$ ARS)	-	1.001.108.729	902.468.674	945.482.497	1.080.534.588	1.123.548.411	1.173.456.615	1.216.470.438	1.259.484.261	1.302.498.084	1.380.912.019
Cancelación de deudas (\$ ARS)	-	207.638.198	207.638.198	207.638.198	207.638.198	207.638.198	207.638.198	207.638.198	207.638.198	207.638.198	207.638.198
Subtotal de Usos (\$ ARS)	8.528.762.753	3.884.225.243	3.479.473.556	3.515.149.243	3.384.562.216	3.424.903.402	3.452.440.738	3.492.781.924	3.533.123.110	3.573.464.295	3.682.165.304
TOTAL FUENTES Y USOS (\$ ARS)	-	2.470.153.776	4.622.305.300	6.846.265.113	9.321.035.953	11.612.723.126	13.997.096.963	16.441.655.363	18.966.096.617	21.570.420.665	24.320.370.592
Amortizaciones totales (\$ ARS)	-	675.701.945	675.701.945	675.701.945	412.735.464	412.735.464	393.037.233	393.037.233	393.037.233	393.037.233	393.037.233
SALDO AL EJERCICIO SIGUIENTE (\$ ARS)	-	3.145.855.721	5.298.007.245	7.521.967.058	9.733.771.417	12.025.458.589	14.390.134.195	16.834.692.616	19.359.133.850	21.963.457.898	24.713.407.825
SALDO PROPIO DEL EJERCICIO (\$ ARS)	-	3.145.855.721	2.152.151.524	2.223.959.813	2.291.687.173	2.291.687.173	2.364.675.606	2.444.558.420	2.524.441.234	2.604.324.048	2.749.949.927

9.3. Cuadros de resultados proyectados

Se presentan las utilidades de cada ejercicio, que son positivas para todo el periodo de análisis.

Concepto	Años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	\$ ARS									
Ventas	4.328.064.000	4.917.161.600	5.037.385.600	5.157.609.600	5.277.833.600	5.398.057.600	5.518.281.600	5.638.505.600	5.758.729.600	5.987.155.200
Gasto de producción	1.228.663.865	1.255.671.034	1.282.701.438	1.309.731.843	1.336.762.247	1.363.792.652	1.390.823.057	1.417.853.461	1.444.883.866	1.498.944.675
Menos: Gastos de puesta en marcha	38.450.118	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos totales de producción	1.190.213.747	1.255.671.034	1.282.701.438	1.309.731.843	1.336.762.247	1.363.792.652	1.390.823.057	1.417.853.461	1.444.883.866	1.498.944.675
Menos: Inc. Stock elaborado	850.816.000	21.270.400	21.270.400	21.270.400	21.270.400	21.270.400	21.270.400	21.270.400	21.270.400	42.540.800
Costo de producción de lo vendido	339.397.747	1.234.400.634	1.261.431.038	1.288.461.443	1.315.491.847	1.342.522.252	1.369.552.657	1.396.583.061	1.423.613.466	1.456.403.875
Gasto de administración y comercialización	814.821.921	821.891.092	823.333.780	561.809.986	563.252.674	544.997.131	546.439.819	547.882.507	549.325.195	552.066.303
Gasto financiero	313.533.679	282.387.949	251.242.219	220.096.490	188.950.760	157.805.030	126.659.301	95.513.571	64.367.841	33.222.112
Costo total de lo vendido	1.467.753.347	2.338.679.675	2.336.007.038	2.070.367.919	2.067.695.282	2.045.324.414	2.042.651.777	2.039.979.140	2.037.306.502	2.041.692.289
Resultado	2.860.310.653	2.578.481.925	2.701.378.562	3.087.241.681	3.210.138.318	3.352.733.186	3.475.629.823	3.598.526.460	3.721.423.098	3.945.462.911
Impuesto a la ganancia	1.001.108.729	902.468.674	945.482.497	1.080.534.588	1.123.548.411	1.173.456.615	1.216.470.438	1.259.484.261	1.302.498.084	1.380.912.019
RESULTADO DESPUÉS DE IMPUESTO	1.859.201.924	1.676.013.251	1.755.896.065	2.006.707.093	2.086.589.907	2.179.276.571	2.259.159.385	2.339.042.199	2.418.925.013	2.564.550.892

9.4. Cálculo de la rentabilidad del proyecto

9.4.1. Determinación del Valor Actual Neto de la Inversión (VAN)

Ejercicio	Inversión en Activo Fijo y CD (\$)	Inversión en Activo de Trabajo (\$)	Impuesto a la Ganancia (\$)	Total de Egresos (\$)	Utilidad antes Impuestos (\$)	Amortizaciones (\$)	Intereses Financieros (\$)	Total de Ingresos (\$)	Diferencia(\$)	Diferencia Actualizada (\$)
0	8.428.091.621	100.671.133	-	8.528.762.753	-	-	311.457.297	311.457.297	-8.217.305.457	- 8.217.305.457
1	46.524.643	1.161.200.327	1.001.108.729	2.208.833.698	2.860.310.653	675.701.945	311.457.297	3.847.469.895	1.638.636.197	- 6.578.669.260
2	-	30.687.011	902.468.674	933.155.685	2.578.481.925	675.701.945	280.311.567	3.534.495.437	2.601.339.753	- 3.977.329.507
3	-	26.021.511	945.482.497	971.504.008	2.701.378.562	675.701.945	249.165.837	3.626.246.345	2.654.742.337	- 1.322.587.170
4	-	26.021.511	1.080.534.588	1.106.556.099	3.087.241.681	412.735.464	218.020.108	3.717.997.252	2.611.441.153	1.288.853.983
5	-	26.021.511	1.123.548.411	1.149.569.922	3.210.138.318	412.735.464	186.874.378	3.809.748.160	2.660.178.237	3.949.032.220
6	-	26.021.511	1.173.456.615	1.199.478.126	3.352.733.186	393.037.233	155.728.648	3.901.499.067	2.702.020.941	6.651.053.161
7	-	26.021.511	1.216.470.438	1.242.491.949	3.475.629.823	393.037.233	124.582.919	3.993.249.975	2.750.758.025	9.401.811.187
8	-	26.021.511	1.259.484.261	1.285.505.772	3.598.526.460	393.037.233	93.437.189	4.085.000.882	2.799.495.110	12.201.306.297
9	-	26.021.511	1.302.498.084	1.328.519.595	3.721.423.098	393.037.233	62.291.459	4.176.751.790	2.848.232.194	15.049.538.491
10	- 2.791.738.644	- 1.526.631.846	1.380.912.019	- 2.937.458.471	3.945.462.911	393.037.233	31.145.730	4.369.645.873	7.307.104.344	22.356.642.835

VAN	22.356.642.835
Tasa de rentabilidad	26,2%
Tiempo de retorno (años)	3,51
Tiempo de retorno (meses)	42

9.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Ejercicio	Unidad	Saldo a Tasa 0	Coeficiente	Saldo Propio	Saldo Acumulado
0	\$ ARS	- 8.217.305.457	1,0	- 8.217.305.457	- 8.217.305.457
1	\$ ARS	1.638.636.197	0,8	1.277.155.458	- 6.940.149.999
2	\$ ARS	2.601.339.753	0,6	1.580.227.141	- 5.359.922.858
3	\$ ARS	2.654.742.337	0,5	1.256.915.363	- 4.103.007.495
4	\$ ARS	2.611.441.153	0,4	963.662.861	- 3.139.344.635
5	\$ ARS	2.660.178.237	0,3	765.097.590	- 2.374.247.045
6	\$ ARS	2.702.020.941	0,2	605.697.844	- 1.768.549.201
7	\$ ARS	2.750.758.025	0,2	480.596.856	- 1.287.952.346
8	\$ ARS	2.799.495.110	0,1	381.214.551	- 906.737.795
9	\$ ARS	2.848.232.194	0,1	302.291.800	- 604.445.995
10	\$ ARS	7.307.104.344	0,1	604.445.995	0,00

TIR	28%
------------	------------

9.5. Cálculo de la rentabilidad sobre capital propio

9.5.1. Determinación del Valor Actual Neto de la Inversión con Capital Propio (VAN P)

Ejercicio	Inversión Capital Propio (\$)	Saldo Propio Cuadro Fuentes y Usos (\$)	Dividendos Pagados	Ingresos Totales (\$)	Saldo del Período (\$)	Saldo Acumulado (\$)
0	6.452.380.776	-	-	-	- 6.452.380.776	- 6.452.380.776
1	1.207.724.969	3.145.855.721	-	3.145.855.721	1.938.130.752	- 4.514.250.024
2	30.687.011	2.152.151.524	-	2.152.151.524	2.121.464.513	- 2.392.785.511
3	26.021.511	2.223.959.813	-	2.223.959.813	2.197.938.302	- 194.847.209
4	26.021.511	2.211.804.359	-	2.211.804.359	2.185.782.848	1.990.935.639
5	26.021.511	2.291.687.173	-	2.291.687.173	2.265.665.662	4.256.601.300
6	26.021.511	2.364.675.606	-	2.364.675.606	2.338.654.095	6.595.255.395
7	26.021.511	2.444.558.420	-	2.444.558.420	2.418.536.909	9.013.792.304
8	26.021.511	2.524.441.234	-	2.524.441.234	2.498.419.723	11.512.212.027
9	26.021.511	2.604.324.048	-	2.604.324.048	2.578.302.537	14.090.514.565
10	- 4.318.370.490	2.749.949.927	-	2.749.949.927	7.068.320.417	21.158.834.981

VAN Propio	21.158.834.981
Tasa de rentabilidad	32,8%
Tiempo de retorno (años)	3,09
Tiempo de retorno (meses)	37

9.5.2. Tasa Interna de Retorno sobre capital propio (TOR)

Ejercicio	Unidad	Saldo a Tasa 0	Coefficiente	Saldo Propio	Saldo Acumulado
0	\$ ARS	- 6.452.380.776	1,0	- 6.452.380.776	- 6.452.380.776
1	\$ ARS	1.938.130.752	0,8	1.457.604.507	- 4.994.776.268
2	\$ ARS	2.121.464.513	0,6	1.199.910.992	- 3.794.865.277
3	\$ ARS	2.197.938.302	0,4	934.943.545	- 2.859.921.732
4	\$ ARS	2.185.782.848	0,3	699.251.705	- 2.160.670.027
5	\$ ARS	2.265.665.662	0,2	545.103.503	- 1.615.566.523
6	\$ ARS	2.338.654.095	0,2	423.161.133	- 1.192.405.390
7	\$ ARS	2.418.536.909	0,1	329.116.102	- 863.289.288
8	\$ ARS	2.498.419.723	0,1	255.692.766	- 607.596.523
9	\$ ARS	2.578.302.537	0,1	198.446.547	- 409.149.976
10	\$ ARS	7.068.320.417	0,1	409.149.976	0,00

TOR	33%
-----	-----

9.6. Relación entre los análisis de inversión propia y total

La relación entre los análisis de inversión propia y total se determina mediante el índice de palanca, que está dado por la ecuación:

$$I = \frac{TOR}{TIR}$$

Un índice de palanca mayor a la unidad indica que el endeudamiento en base a tomar un crédito aumenta la rentabilidad del proyecto. Los resultados se exponen a continuación:

ANÁLISIS ECONÓMICO	
VAN Proyecto	22.356.642.835
VAN Propio	21.158.834.981
TIR	28%
TOR	33%
Efecto palanca	1,16

El VAN del proyecto y el VAN sobre capital propio son ambos positivos, por lo que el proyecto resulta rentable en las condiciones en que está planteado.

Se cuenta con un tiempo de retorno de la inversión del proyecto de 3 años y 6 meses. Para el caso del capital propio, el tiempo de retorno de la inversión inicial es de 3 años y 1 mes.

El índice de palanca obtenido indica que la toma de deuda en las condiciones planteadas aumenta la rentabilidad del proyecto.

Todos los resultados obtenidos del análisis anterior permiten afirmar que el proyecto es rentable para el período de análisis y posterior, según fueron planteadas las condiciones.

10. Conclusión

10.1. Conclusiones sobre la factibilidad del proyecto

En este proyecto se propuso la instalación de una planta industrial productora de Bloques de Hormigón Celular Curado en Autoclave (HCCA) en la Argentina, a partir de materias primas que son en su mayoría de provisión nacional, como lo son la arena, el cemento, la cal y el yeso, y otras importadas, como la pasta de aluminio.

Desde el punto de vista de definición del producto y el análisis de su mercado asociado, se demostró que es un bien valuable, que puede utilizarse en remplazo de otros materiales y en conjunto con otras tecnologías constructivas y que, además, existe prospectiva de incremento de la demanda durante el periodo de análisis. Por otro lado, la localización de la planta, definida para el Parque Industrial Campana en la provincia de Buenos Aires, demostró ser la óptima entre las opciones contendientes.

Desde el punto de vista técnico y el análisis de la ingeniería del proceso, se realizaron los cálculos y diseños pertinentes, obteniendo un proceso cuyo lay-out y dimensión resultan adecuados para el cumplimiento eficiente del objetivo de producción planteado. Siguiendo esta línea, se pudieron diseñar desde cero, y atendiendo las necesidades particulares del proyecto, dos equipos de alto grado de importancia para esta línea de producción.

A partir de lo anterior, se organizó el funcionamiento de la empresa que pretende resolver este proceso, cuyo impacto directo se resume en la generación de 52 nuevos puestos de trabajo. También fueron determinados de manera precisa los costos fijos, variables y totales en los que incurrirá indefectiblemente la empresa, para todo el periodo de análisis. A continuación, se realizó el cálculo de las inversiones, sobre la base de obtener estimaciones lo más confiables y actualizadas posibles, con el objetivo de obtener un financiamiento adecuado.

Por último, desde el punto de vista económico, todos los resultados obtenidos permiten afirmar que el proyecto es rentable para el período de análisis y para las condiciones planteadas, ya que los ingresos alcanzan a cubrir y superar con un amplio margen la suma de las inversiones requeridas y los costos operacionales directos e indirectos de producción.

10.2. Conclusiones individuales sobre la realización del proyecto

10.2.1. Conclusiones de Nicolas

El planteo de este proyecto tuvo tres aristas de impacto sobre mí:

En términos de este proyecto individual, aprendí sobre las bondades y dificultades de trabajar con el HCCA y también sobre el área de materiales de la construcción; área por la que siempre estuve rodeado debido a mi contexto familiar y la profesión de mis padres, y por la que me encontré recurriendo a ellos más de una vez para obtener la información que buscaba.

En lo profesional, tuve que aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera y los afianzados en mi corta experiencia laboral, desde el primero hasta el último. Por suerte me encontré siempre sostenido sobre una base de fundamentos sólidos, gracias a todo el conocimiento de excelente calidad que me fue impartido por las y los miembros de nuestra casa de estudios.

En lo personal, este proyecto resumió la carrera que emprendí hace ya varios años en mi querida facultad: el ser un desafío y un recordatorio constante de que sin disciplina y trabajo no se pueden lograr los objetivos planteados.

10.2.2. Conclusiones de Milagros

El desarrollo de este proyecto permitió la aplicación de todos los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera, como así también incorporar nuevos a partir del diseño general de una planta desde sus inicios.

Destaco todo lo aprendido sobre un material con muchas ventajas por sobre otros convencionales en el ámbito de la construcción y, sobre todo, de las tecnologías que se pueden aplicar para la fabricación del mismo.

Por otro lado, creo importante destacar la predisposición tanto de mis compañeros como profesores para poder culminar esta etapa, en la que brindaron todo su apoyo en las correcciones durante todo el proceso.

10.2.3. Conclusiones de Iván

Llevar adelante un proyecto como este no solo no hubiera sido posible sin la aplicación de los conocimientos que hemos adquirido a lo largo de la carrera, sino que también nos dio la posibilidad de adquirir otros, relacionados al diseño de una planta productora desde cero.

Destaco la predisposición que tuvo la cátedra para despejar todas las dudas que se presentaron en el trayecto y para corregir cada taller que hoy forma parte de este proyecto. Con cada corrección se aprendió algo nuevo.

Por último, quiero resaltar la importancia del trabajo de mis compañeros, cuyas predisposición y dedicación hicieron posible lograr este trabajo.

11. Bibliografía

- Agudelo Lopera, L. C. (Junio de 2021). *Los principales fenómenos en la reacción del cemento hidráulico*. Obtenido de Alion: <https://alion.com.co/reaccion-del-cemento-hidraulico/#:~:text=Cuando%20se%20adiciona%20agua%20al,de%20reacci%C3%B3n%20con%20el%20agua>
- AIM. (20 de Noviembre de 2019). *Areneras en Ibicuy: Las Vaca Muerta entrerrianas, extractivistas y depredadoras*. *Agencia de Informaciones Mercosur (AIM)*. Obtenido de <https://www.aimdigital.com.ar/politica/areneras-en-ibicuy-las-vaca-muerta-entrerrianas-extractivistas-y-depredadoras.htm>
- Aircrete Europe. (s.f.). *Aircrete Europe Leader in AAC Panel Production Technology*. Recuperado el 16 de Agosto de 2023, de <https://www.aircrete.com/>
- Anino, P., & Garfinkel, F. (2020). *Informe de Cadena de Valor Sector Construcción*. Ministerio de Economía de la República Argentina, Subsecretaría de Programación Regional y Sectorial; Secretaría de Política Económica. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/construccion_12-2020.pdf
- Asociación Argentina del Bloque de Hormigón. (s.f.). *Bloques Preguntas frecuentes*. Recuperado el Agosto de 2023, de AABH: http://www.sismatica.net/aabh_bootstrap/assets/php/novedad.php?S=33&SS=207
- Autoclave Industrial: Qué es y qué modelos existen*. (24 de Julio de 2020). Obtenido de PoliticaySociedad.com.ar: <https://politicaysociedad.com.ar/que-es-un-autoclave-industrial/>
- Barletti, A. (18 de Octubre de 2022). Clausuraron la planta de lavado de la arenera Cristamine en Ibicuy. *El Cronista*. Obtenido de <https://www.cronista.com/transport-cargo/clausuraron-de-la-planta-de-lavado-de-la-arenera-cristamine-en-ibicuy/>
- Biswas, P., Godiwalla, K., Sanyal, D., & Dev, S. (2002). A simple technique for measurement of apparent viscosity of slurries: sand–water system. *Materials & Design*, 23(5).
- Bonalumi, A., Sfragulla, J., Jerez, D., Bertolino, S., Rial, J., & Carrizo, E. (2014). Yacimientos de Minerales y Rocas Industriales. *Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba* (págs. 983-1024). Asociación Geológica Argentina. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/309764960_Yacimientos_de_minerales_y_rocas_industriales
- BRIMAX. (2021). *Manual Técnico*. Recuperado el Agosto de 2023, de BRIMAX Argentina: <https://brimaxargentina.com.ar/wp-content/uploads/2021/03/Manual-tecnico.pdf>
- Cámara Argentina del Acero. (s.f.). *Acero*. Recuperado el Agosto de 2023, de Acero Argentino: <http://www.acero.org.ar/acero/>
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa* (Cuarta ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Colaboradores de Wikipedia. (12 de Abril de 2021). *Ladrillo hueco*. (L. e. Wikipedia, Editor) Recuperado el 12 de Abril de 2021, de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ladrillo_hueco&oldid=134704341
- Comelles, F., & Olivera, R. (2019). *Fabricación de ladrillo cerámico hueco*. Tesis de grado, Universidad Tecnológica Nacional, Departamento de Ingeniería Industrial, La Plata. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12272/4372>
- Diario Clarín. (2022). *Revista ARQ: PRECIOS DE CONSTRUCCIÓN Y VIVIENDA*. (P. Baldo, Productor) Obtenido de Clarín: <https://www.clarin.com/arq/precios-construccion-y-vivienda>

- Diario Río Negro. (3 de Abril de 2019). Por qué Río Negro es la primera productora de yeso en el país. *Diario Río Negro*.
- Dirección Nacional de Acceso al Suelo y Formalizaciones. (2019). *Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social: Marco para la promoción de viviendas inclusivas, asequibles y sostenibles*. Ministerio del Interior Obras Públicas y Vivienda, Secretaría de Vivienda de la Nación, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/eemm_baja_simples.pdf
- Dirección Nacional de Vialidad. (2018). *CONFIGURACIONES AUTORIZADAS PARA EL TRANSPORTE AUTOMOTOR DE CARGAS - ESCALABILIDAD*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/nuevas_configuraciones.pdf
- ECKART GmbH. (2019). Folleto. Recuperado el Agosto de 2023, de https://www.eckart.net/medias/sys_master/ECKART_PDF_Brochure/ECKART_PDF_Brochure/h01/h85/8887257956382/Brochure-Atomized-Powders-and-Alloys-English.pdf?attachment=true
- Era Verde. (11 de Enero de 2023). *NUEVAS MINERAS DESEMBARCAN EN ENTRE RÍOS PARA EXTRAER ARENA SILÍCEA*. Obtenido de Era Verde Periodismo Ambiental: <https://eraverde.com.ar/nuevas-mineras-desembarcan-en-entre-rios-para-extraer-arenas-siliceas/>
- Folleto *CEMENTO AVELLANEDA COMPUESTO (BOLSA) OLAVARRÍA*. (s.f.). Obtenido de Cementos Avellaneda: https://www.cavellaneda.com.ar/file_productos/CPC-OLAVARRIA-BOLSA.pdf
- Garfinkel, P., & Anino, F. (2020). *Informe de Cadena de Valor Sector Construcción*. Ministerio de Economía, Secretaría de Política Económica. Recuperado el Agosto de 2023, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/construccion_12-2020.pdf
- Gaulier, G., & Zignago, S. (2010). *BACI: International Trade Database at the Product-Level. The 1994-2007 Version*. Working Papers, CEPII. Obtenido de <http://www.cepii.fr/CEPII/fr/publications/wp/abstract.asp?NoDoc=2726>
- Hansen, W. C. (1962). Fraguado rápido y falso fraguado en los cementos portland. *Materiales De Construcción*, 12(107), 29–42. doi:<https://doi.org/10.3989/mc.1962.v12.i107.1833>
- Hecker, J. (2018). *Informe sobre la distribución de las empresas constructoras y su empleo en la Argentina*. Confederación de Pymes Constructoras de la República Argentina. Obtenido de http://www.pymesconstructoras.com.ar/admin/cms/imagenes/archivos/1514911655__InformeJulianHecker.pdf
- Holcim (Argentina) S.A. (2023). *CEMENTOS A GRANEL MEGACEM CAMPANA CPC50*. Obtenido de Holcim: https://www.holcim.com.ar/sites/argentina/files/2023-02/folleto_megacem-campana.pdf
- INDEC. (2018). *Censo Nacional a la Actividad Minera. CeNAM-17 : resultados estadísticos 2016* (1a ed. ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Obtenido de https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/economia/cenam17_07_18.pdf
- Instituto de Estadística y Registro de la Industria de la Construcción. (Junio de 2023). *Empresas en Actividad*. Recuperado el 2023, de <https://www.ieric.org.ar/wp-content/uploads/2023/08/Empresas-al-dia.xls>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (s.f.). *Población estimada al 1 de julio de cada año calendario por sexo. Años 2010-2040. Estimaciones y proyecciones de población. Total del país. 2010-2040. Argentina*. Recuperado el 2023, de https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/c1_proyecciones_nac_2010_2040.xls

- Isoldi, N. S. (2019). *Valuación de Capital Accionario Ternium Argentina Sociedad Anónima*. Tesis de maestría, Universidad de San Andrés, Escuela de Negocios, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Recuperado el 2023, de <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/17171/1/%5bP%5d%5bW%5d%20M.%20Fin.%20Isoldi,%20Natalia%20Soledad.pdf>
- Loma Negra. (s.f.). *Folleto Cemento Portland Compuesto*. Obtenido de Loma Negra: <https://www.lomanegra.com/wp-content/uploads/2017/09/Folleto-CPC-50-evolucion-LomaNegra.pdf>
- Luján de Cuyo PARQUE INDUSTRIAL. (s.f.). Recuperado el 16 de Agosto de 2023, de Sitio web de Luján de Cuyo: <https://lujandecuyo.gob.ar/parque-industrial-municipal/>
- Lyons, A. (2006). *Materials for Architects and Builders* (3rd Edition ed.). London: Routledge. doi:<https://doi.org/10.4324/9780080465791>
- Marchon, D., & Flatt, R. (2016). 8 - Mechanisms of cement hydration. En P.-C. Aïtcin, & R. J. Flatt (Edits.), *Science and Technology of Concrete Admixtures* (págs. 129-145). Woodhead Publishing.
- Masa Group. (s.f.). *Autoclaved Aerated Concrete Production*. Obtenido de Masa Group: <https://www.masa-group.com/en/products/aac-production/>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (2007). *OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA* (Séptima ed.). MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Mejor Energía. (22 de Julio de 2022). Entre Ríos: nueve de las 12 areneras se pusieron en regla. *Mejor Energía*. Recuperado el 2023, de <https://www.mejorenergia.com.ar/noticias/2022/07/22/359-entre-rios-9-de-las-12-areneras-se-pusieron-en-regla>
- MERCOSUR (Ed.). (s.f.). *SECEM*. Obtenido de Sistema de Estadísticas de Comercio Exterior del MERCOSUR: <https://estadisticas.mercosur.int/>
- Merino, E. (28 de Octubre de 2020). *La cal sanjuanina, esencial para la industria nacional*. Obtenido de Tres Lineas: <https://www.treslineas.com.ar/sanjuanina-esencial-para-industria-nacional-n-1621020.html>
- Métodos tradicionales para el curado del hormigón armado. (s.f.). *Clarín*. Obtenido de https://www.clarin.com/construccion/metodos-curado-hormigon-armado_0_r14-nn_Dmx.html
- Misirlian, E., & Barcia Pérez, V. (2018). *Análisis de la industria del cemento en Argentina*. Universidad Nacional de San Martín, Escuela de Economía y Negocios. Recuperado el Agosto de 2023, de https://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia_regional/Industria_cementera_Argentina.pdf
- Misirlian, E., & Barcia Pérez, V. (2018). *La industria del aluminio en Argentina*. Universidad Nacional de San Martín, Escuela de Economía y Negocios. Obtenido de https://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia_regional/La_industria_del_aluminio_Argentina.pdf
- Mitsuda, T., Sasaki, K., & Ishida, H. (1992). Phase Evolution during Autoclaving Process of Aerated Concrete. *Journal of the American Ceramic Society*(75), 75: 1858-1863. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1992.tb07208.x>
- PAREX. (Mayo de 2019). *MUROS®*. Obtenido de Revear: <https://www.revear.com.ar/media/custom/upload/ficha-tecnica-muros.pdf>
- Parque Industrial Campana*. (s.f.). Recuperado el 16 de Agosto de 2023, de <http://www.parqueindustrialcampana.com.ar/>

- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (2001). *Manual del ingeniero químico* (Vol. 2). Madrid: McGraw-Hill.
- Pi. (s.f.). Recuperado el 16 de Agosto de 2023, de Parque Industrial San Lorenzo: <https://www.pisanlorenzo.com/>
- Pilar Productivo. (8 de Febrero de 2016). Retak se instala en Los Cardales con una inversión de U\$S 15 millones. *Pilar Productivo*. Obtenido de <https://www.pilarproductivo.com.ar/retak-se-instala-en-los-cardales-con-una-inversion-de-us-15-millones/>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed., [versión 23.6 en línea] ed.). Recuperado el Agosto de 2023, de <https://dle.rae.es>
- Revista Arquitectura y Construcción. (Octubre de 2022). *Costo promedio de materiales*. Obtenido de Revista AyC: <https://ayc revista.com.ar/precios-la-construccion/promedio-materiales/>
- Revista Vial. (9 de Abril de 2015). *Producción de áridos en Argentina*. Recuperado el Agosto de 2023, de Revista Vial: <https://revistavial.com/produccion-de-aridos-en-argentina/>
- Ruta M: Parque Industrial, Logístico y Tecnológico. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2023, de <http://www.ruta-m.com.ar/>
- Schlenk TAF GmbH & Co. KG. (2021). *Technical Aluminiumflakes For Building Materials and applications in Chemical Industries, Technical Ceramics and Pyrotechnics*. Obtenido de de.schlenk.com: https://de.schlenk.com/fileadmin/editorsCMS/uploads/jpg/03_Maerkte_u_Produkte/04_Baustoffe_u_Chem_Ind/One_Pager_Product_Portfolio/Onepager_TAF10_2021.pdf
- Seider, W. D., Lewin, D. R., Seader, J. D., Widagdo, S., Gani, R., & Ng, K. M. (2017). *Product and process design principles: synthesis, analysis, and evaluation*. John Wiley & Sons.
- Sika Argentina S.A.I.C. (Junio de 2023). *PRODUCT DATA SHEET*. Obtenido de Klaukol Rapibrick: <https://arg.sika.com/content/dam/dms/ar-klaukol/e/klaukol-rapibrick.pdf>
- Sistema Blotek Tecnología en Hormigón Celular. (s.f.). Obtenido de <http://www.blotek.com.ar/>
- Test for Silt Content in Sand. (16 de Agosto de 2023). Obtenido de The Constructor: <https://theconstructor.org/building/building-material/test-silt-content-sand/34520/#:~:text=A%20good%20quality%20construction%20sand,strength%20and%20durability%20of%20work>
- Tiempo de San Juan. (18 de Enero de 2017). Con el programa de minería artesanal vuelve la explotación de yeso sanjuanino. *Tiempo de San Juan*. Obtenido de <https://www.tiempodesanjuan.com/economia/2017/1/18/programa-mineria-artesanal-vuelve-explotacion-yeso-sanjuanino-162876.html>
- Trade News. (12 de Febrero de 2019). *ArArgentinas del Paraná firmó un contrato con Tecpetrol para abastecer de materia prima a los pozos de Vaca Muerta*. Obtenido de Trade News: <https://tradenews.com.ar/arenas-argentina-del-parana-tecpetrol-vaca-muerta/>
- Uno Entre Ríos. (17 de Agosto de 2015). Por demanda de la construcción crece la producción de arenas. *Uno Entre Ríos*. Obtenido de <https://www.unoentrierios.com.ar/por-demanda-la-construccion-crece-la-produccion-arenas-n951445.html>
- Valli, Bruno (BRIMAX). (2018). *Mampostería y sistema de paneles de Hormigón Celular Curado en Autoclave. Construcción Eficiente y Sostenible de Viviendas con Soluciones Base Cemento*. Buenos Aires. Obtenido de <https://web1.icpa.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/4.3-BRIMAX-19-09-2018.pdf>
- Vega, G. (1 de Octubre de 2020). *Canteras de Yeso: entre la explotación y la riqueza*. Obtenido de Proyecto Allen: <http://www.proyectoallen.com.ar/3/?p=5599>

Watts, J. (4 de Marzo de 2019). Cemento: el material más destructivo de la Tierra. *elDiario.es*.
Obtenido de https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/cemento-material-destructivo-tierra_1_1675968.html

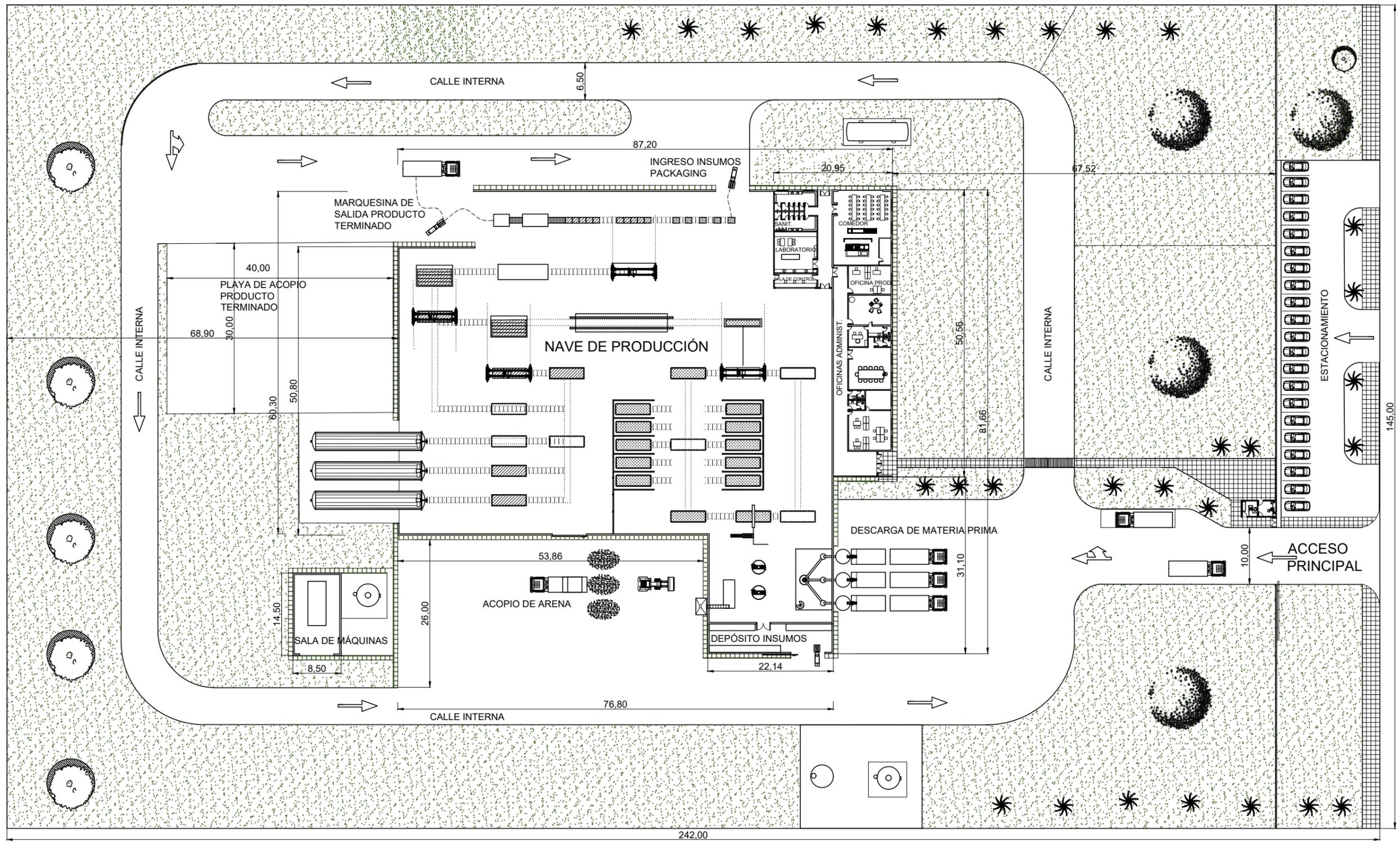
Wikipedia-Autoren. (s.f.). *Porenbeton*, 1. August 2023, 15:32 UTC. (W. –D. Enzyklopädie, Editor)
Recuperado el Agosto de 2023, de <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Porenbeton&oldid=236018181>

WKB Systems GmbH. (s.f.). *WKB*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.wkb-systems.com/de/home.html>

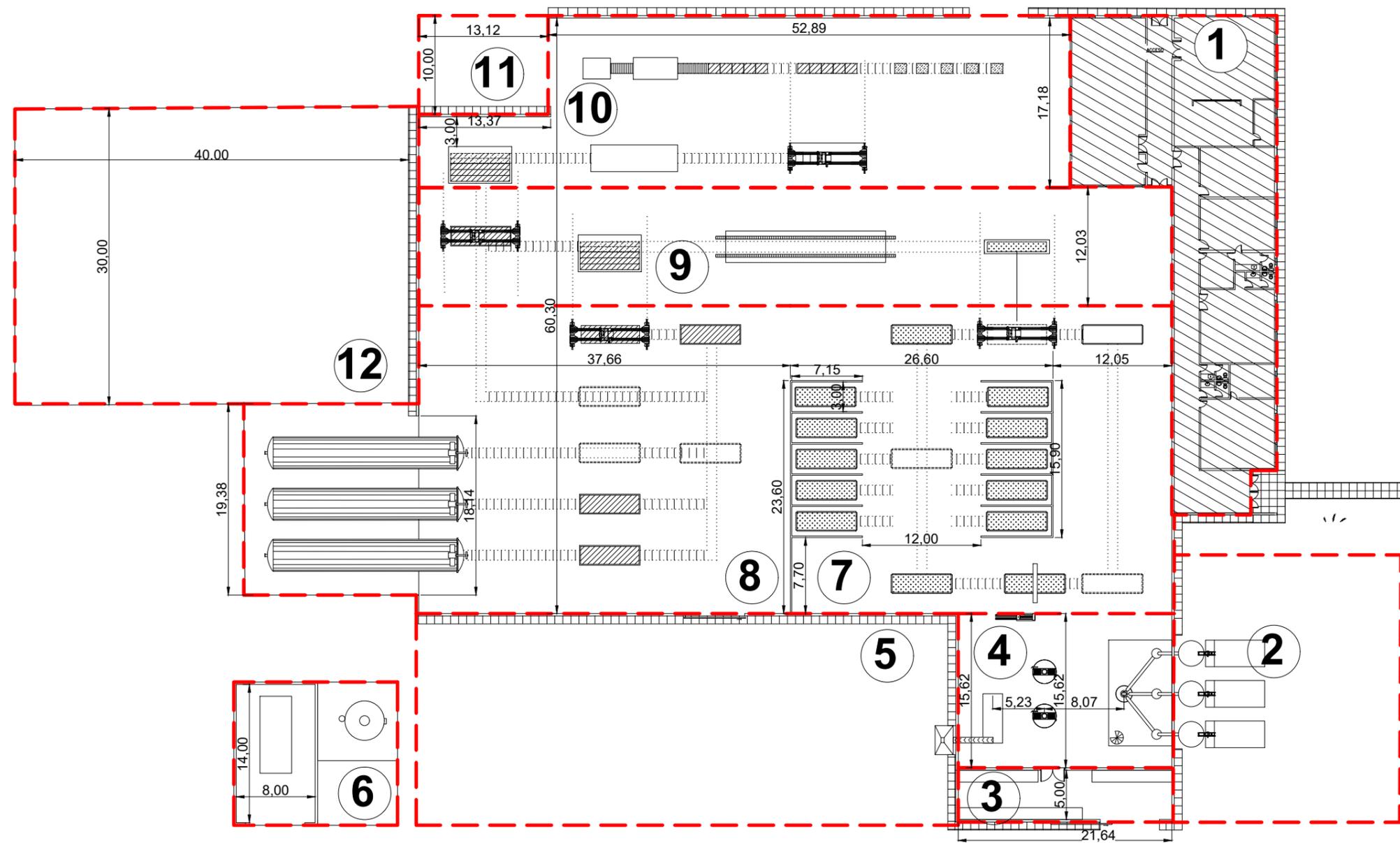
Xella Gruppe. (s.f.). Recuperado el 2022, de <https://www.xella.de/>

12. Anexos - Planos

- 12.1. Plano 1: Planta general y circulación
- 12.2. Plano 2: Distribución de planta de zonas de producción
- 12.3. Plano 3: Distribución de planta de zonas de administración
- 12.4. Plano 4: Distribución de equipos
- 12.5. Plano 5: Distribución de cañerías y tanques
- 12.6. Plano 6: Distribución de motores y tableros
- 12.7. Plano 7: Diagrama unifilar
- 12.8. Plano 8: Tanque de Suspensión
- 12.9. Plano 9: Autoclave
- 12.10. Plano 10: Corte Zona de Preparación



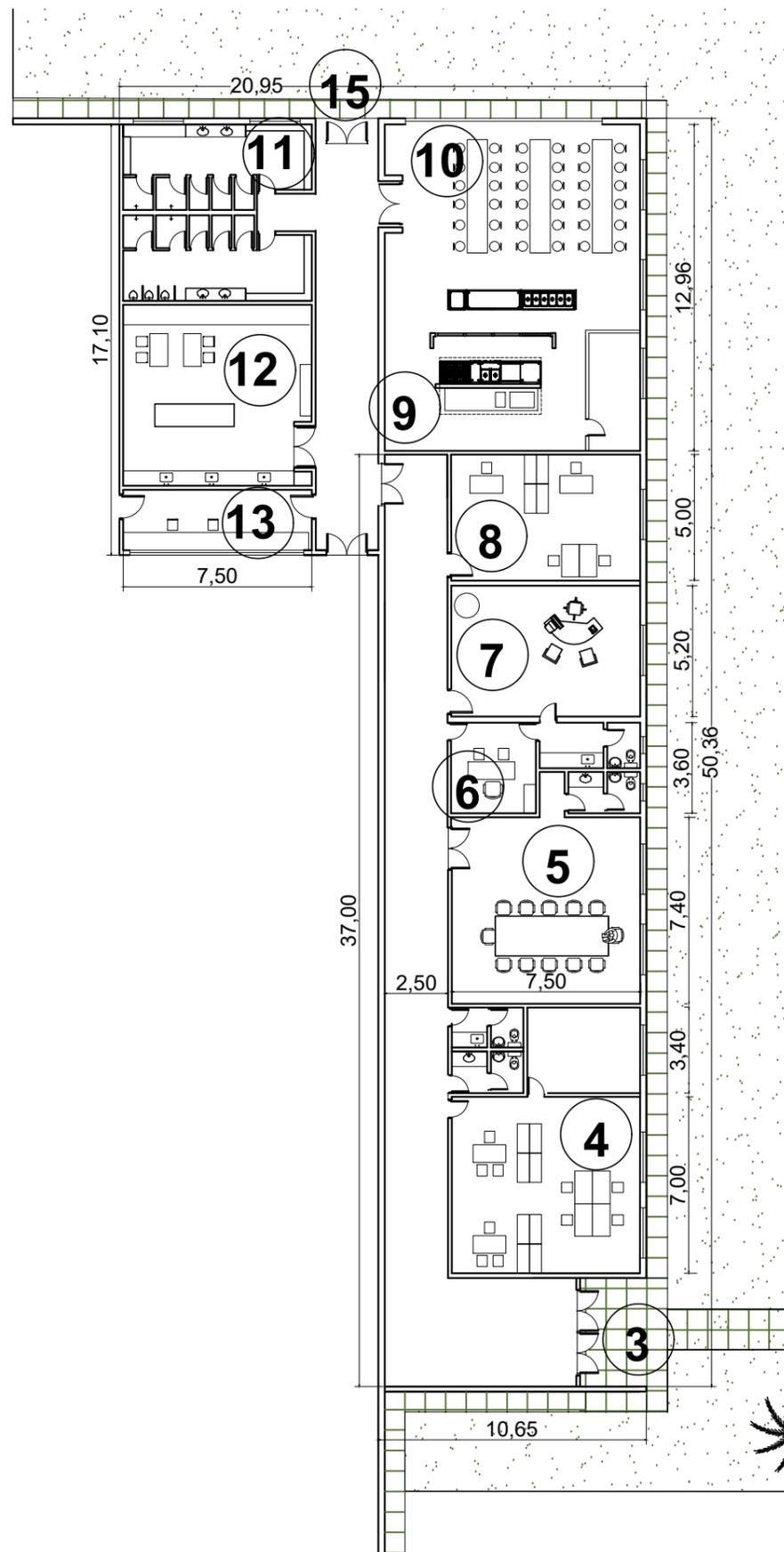
 ESCALA 1: 700	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	<h1>PLANTA GENERAL</h1>		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE <h2>PLANO N°1</h2>



REFERENCIAS

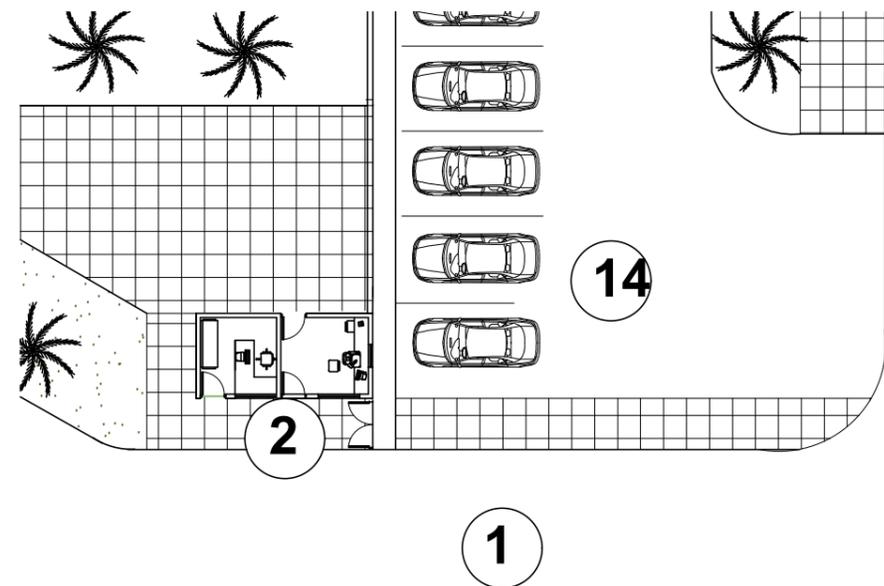
- ① ZONA ADMINISTRATIVA
- ② DESCARGA DE MATERIA PRIMA
- ③ DEPÓSITO DE INSUMOS
- ④ ZONA DE PREPARACIÓN
- ⑤ PLAYA DE ACOPIO DE ARENA
- ⑥ SALA DE MAQUINAS
- ⑦ ZONA DE PRECURADO
- ⑧ ZONA DE CURADO
- ⑨ LÍNEA DE CORTE
- ⑩ PACKAGING
- ⑪ MARQUESINA DE CARGA
- ⑫ PLAYA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO

 ESCALA 1:500	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA ZONAS DE PRODUCCIÓN		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE PLANO N°2

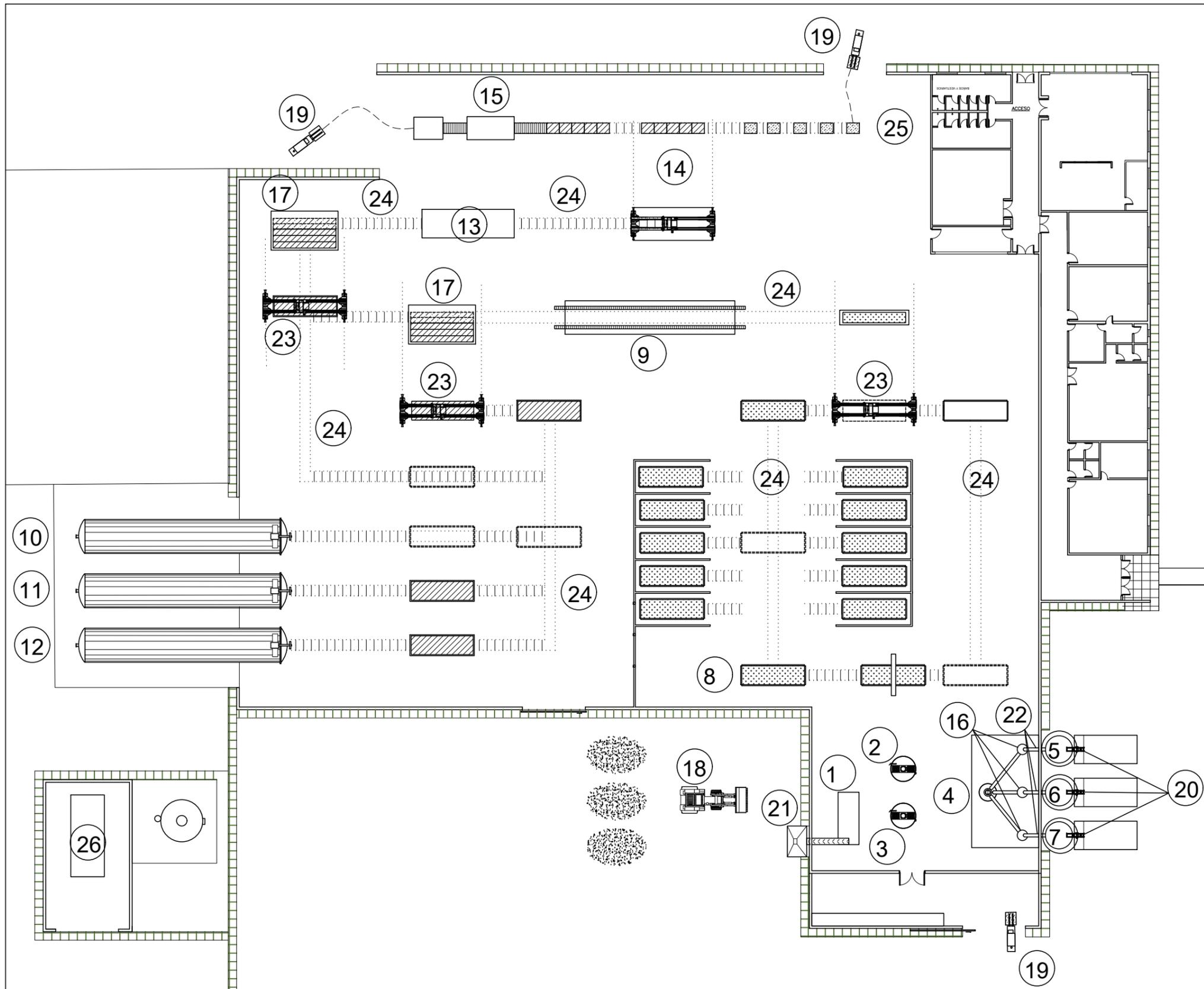


REFERENCIAS

- ① ACCESO PLANTA
- ② GUARDIA
- ③ ACCESO OFICINAS
- ④ VENTAS
- ⑤ SALA DE REUNIONES
- ⑥ OFICINA DE PERSONAL
- ⑦ GERENCIA
- ⑧ OFICINA DE PRODUCCIÓN
- ⑨ COCINA
- ⑩ COMEDOR
- ⑪ SANITARIOS-VESTUARIOS
- ⑫ LABORATORIO
- ⑬ SALA DE CONTROL
- ⑭ ESTACIONAMIENTO
- ⑮ ACCESO PRODUCCIÓN



	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA SECTOR ADMINISTRATIVO		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE
ESCALA 1: 250			PLANO N°3



REFERENCIAS

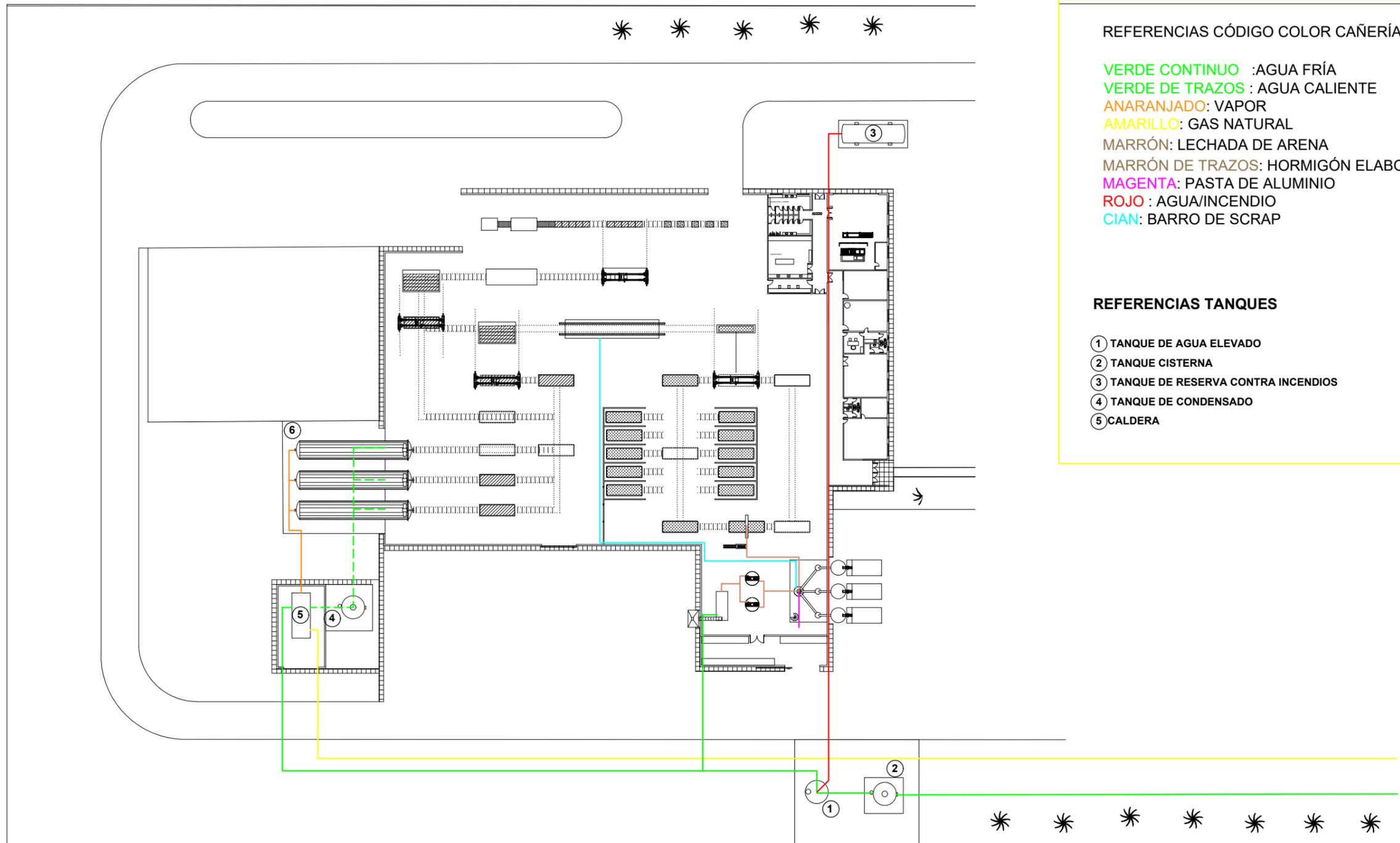
Equipos

1. Molino de bolas
2. Tanque de suspensión 1
3. Tanque de suspensión 2
4. Tanque de mezcla
5. Silo de cemento
6. Silo de cal
7. Silo de yeso
8. Moldes
9. Cortadora
10. Autoclave 1
11. Autoclave 2
12. Autoclave 3
13. Separadora
14. Paletizadora
15. Embaladora
16. Balanza de sólidos
17. Mesa basculante

Transportes

18. Cargador frontal
19. Autoelevador
20. Elevador de cangilones
21. Tolva de arena
22. Transporte de tornillos
23. Puente grúa
24. Empujador de moldes
25. Transporte de cadenas

 ESCALA 1: 400	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE PLANO N°4



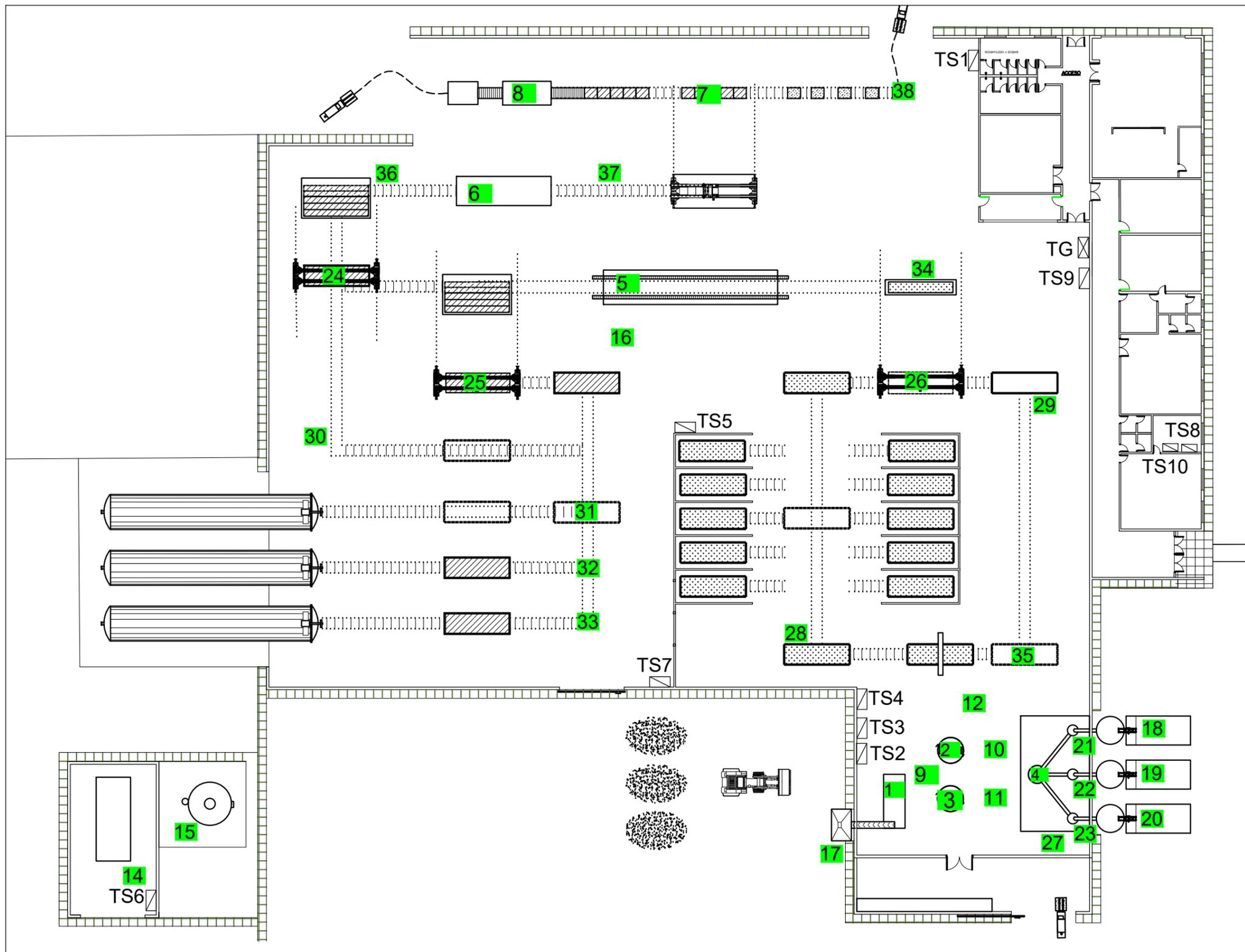
REFERENCIAS CÓDIGO COLOR CAÑERÍAS

- VERDE CONTINUO : AGUA FRÍA
- VERDE DE TRAZOS : AGUA CALIENTE
- ANARANJADO: VAPOR
- AMARILLO: GAS NATURAL
- MARRÓN: LECHADA DE ARENA
- MARRÓN DE TRAZOS: HORMIGÓN ELABORADO
- MAGENTA: PASTA DE ALUMINIO
- ROJO : AGUA/INCENDIO
- CIAN: BARRO DE SCRAP

REFERENCIAS TANQUES

- ① TANQUE DE AGUA ELEVADO
- ② TANQUE CISTERNA
- ③ TANQUE DE RESERVA CONTRA INCENDIOS
- ④ TANQUE DE CONDENSADO
- ⑤ CALDERA

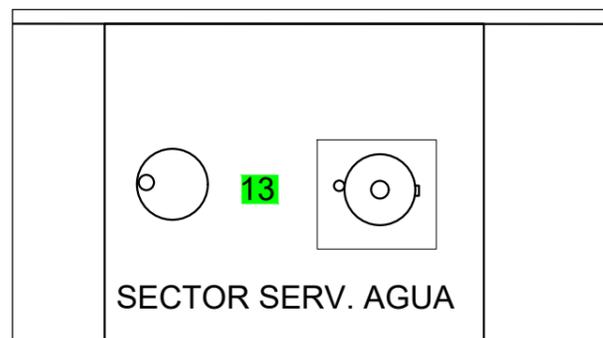
	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	DISTRIBUCIÓN DE CAÑERÍAS		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE
ESCALA 1: 750			PLANO N°5



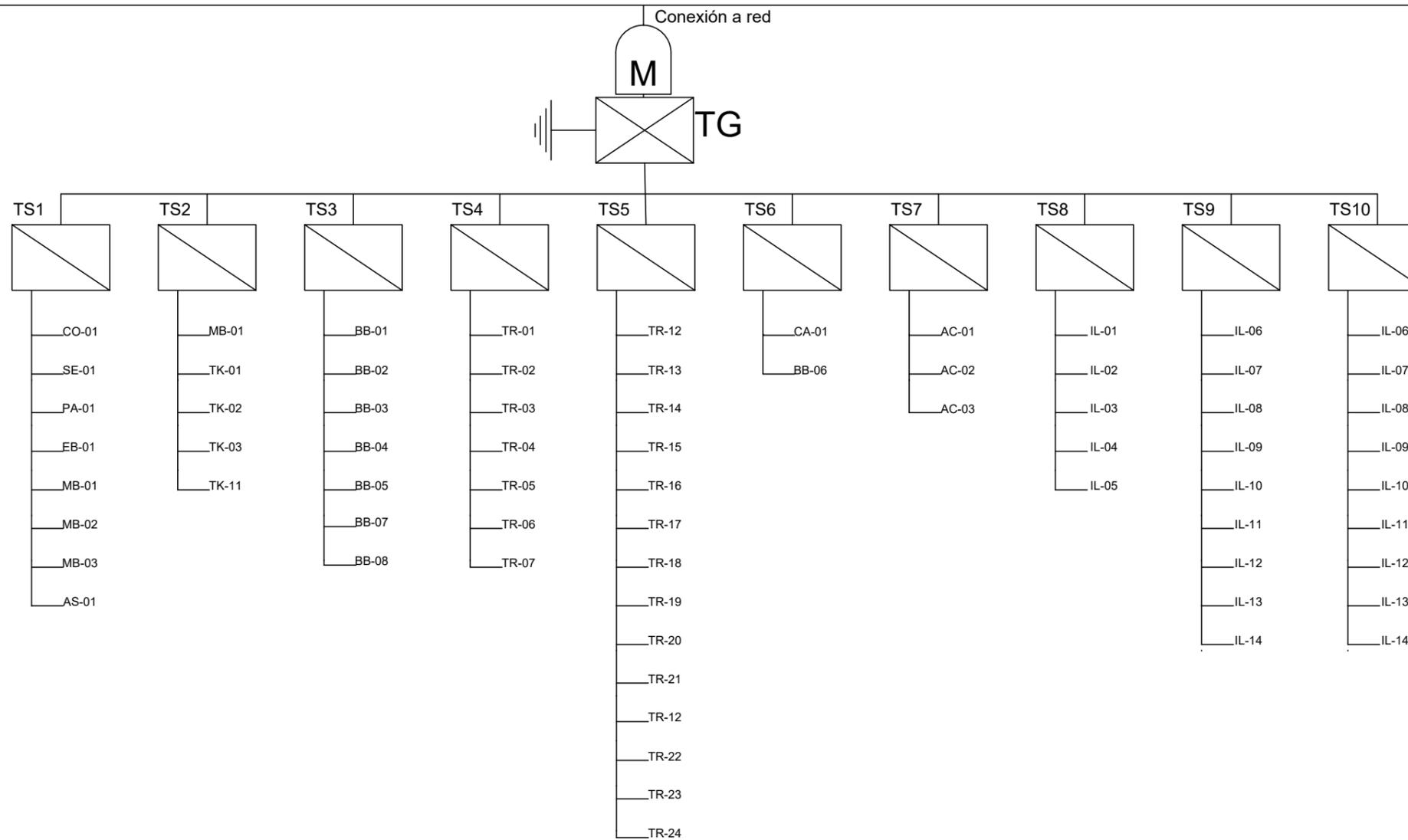
REFERENCIAS

1. MB-01 Molino de bolas
2. TK-01 Agitador TK Suspension 1
3. TK-02 Agitador TK Suspension 2
4. TK-03 Agitador TK Mezcla
5. CO-01 Cortadora
6. SE-01 Separadora
7. PA-01 Paletizadora
8. EB-01 Embaladora
9. BB-01 Bomba de lechada
10. BB-02 Bomba de lechada
11. BB-03 Bomba de lechada
12. BB-04 Bomba de hormigón
13. BB-05 Bomba de agua
14. BB-06 Bomba de caldera
15. BB-07 Bomba de agua
16. BB-08 Bomba de barro
17. TR-01 Tolva de arena
18. TR-02 Elevador de cemento
19. TR-03 Elevador de cal
20. TR-04 Elevador de yeso
21. TR-05 Tornillo de cemento
22. TR-06 Tornillo de cal
23. TR-07 Tornillo de yeso
24. TR-08 Puente grúa 1
25. TR-09 Puente grúa 2
26. TR-10 Puente grúa 3
27. TR-11 Dosificadora de pasta
28. TR-12 Empujador de moldes 1
29. TR-13 Empujador de moldes 2
30. TR-14 Empujador de moldes 3
31. TR-15 Empujador de moldes 4
32. TR-16 Empujador de moldes 5
33. TR-17 Empujador de moldes 6
34. TR-18 Empujador de moldes 7
35. TR-19 Empujador de moldes 8
36. TR-20 Empujador de moldes 9
37. TR-21 Empujador de moldes 10
38. TR-22 Transporte de cadenas

TG: TABLERO GENERAL
 TS: TABLERO SECCIONAL (Ver diagrama unifilar)



 ESCALA 1: 400	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	DISTRIBUCIÓN DE MOTORES Y TABLEROS		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE PLANO N°6



REFERENCIAS

TS1: Tablero Equipos Sector Corte y Packaging

- CO-01 Cortadora
- SE-01 Separadora
- PA-01 Paletizadora
- EB-01 Embaladora
- MB-01 Mesa Basculante
- MB-02 Mesa Basculante
- MB-03 Mesa Basculante
- AS-01 Aspiradora de scrap

TS2: Tablero Equipos Sector Preparación

- MB-01 Molino de bolas
- TK-01 Agitador TK Suspensión 1
- TK-02 Agitador TK Suspensión 2
- TK-03 Agitador TK Mezcla
- TR-11 Dosificadora de pasta

TS3: Tablero Sector Bombas

- BB-01 Bomba de lechada
- BB-02 Bomba de lechada
- BB-03 Bomba de lechada
- BB-04 Bomba de hormigón
- BB-05 Bomba de agua
- BB-07 Bomba de agua
- BB-08 Bomba de barro

TS4: Tablero Transportes de Sólidos

- TR-01 Tolva de arena
- TR-02 Elevador de cemento
- TR-03 Elevador de cal
- TR-04 Elevador de yeso
- TR-05 Tornillo de cemento
- TR-06 Tornillo de cal
- TR-07 Tornillo de yeso

TS5: Tablero Transportes Generales

- TR-12 Empujador de moldes 1
- TR-13 Empujador de moldes 2
- TR-14 Empujador de moldes 3
- TR-15 Empujador de moldes 4
- TR-16 Empujador de moldes 5
- TR-17 Empujador de moldes 6
- TR-18 Empujador de moldes 7
- TR-19 Empujador de moldes 8
- TR-20 Empujador de moldes 9
- TR-21 Empujador de moldes 10
- TR-22 Transporte de cadenas
- TR-08 Puente grúa 1
- TR-09 Puente grúa 2
- TR-10 Puente grúa 3

TS6: Tablero Sector Sala de Máquinas

- CA-01 Controladores de caldera
- BB-06 Bomba de caldera

TS7: Tablero de Equipos Autoclave

- AC-01 Autoclave 1
- AC-02 Autoclave 2
- AC-03 Autoclave 3

TS8: Tablero Iluminación Sector Exteriores

- IL-01 Iluminación Calles Internas
- IL-02 Iluminación Playa PT
- IL-03 Iluminación Playa MP y Playa de Acopio
- IL-04 Iluminación Estacionamiento
- IL-05 Iluminación Exterior y Garita de Seguridad

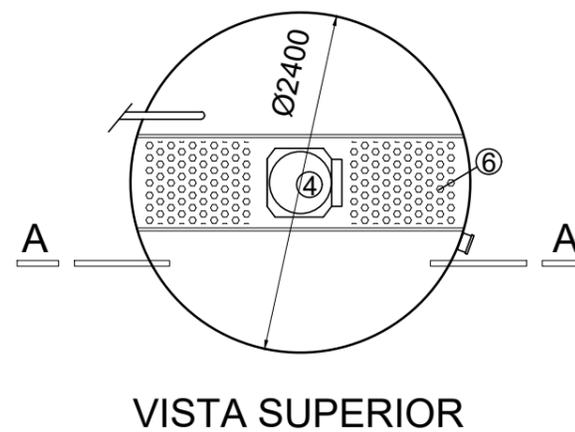
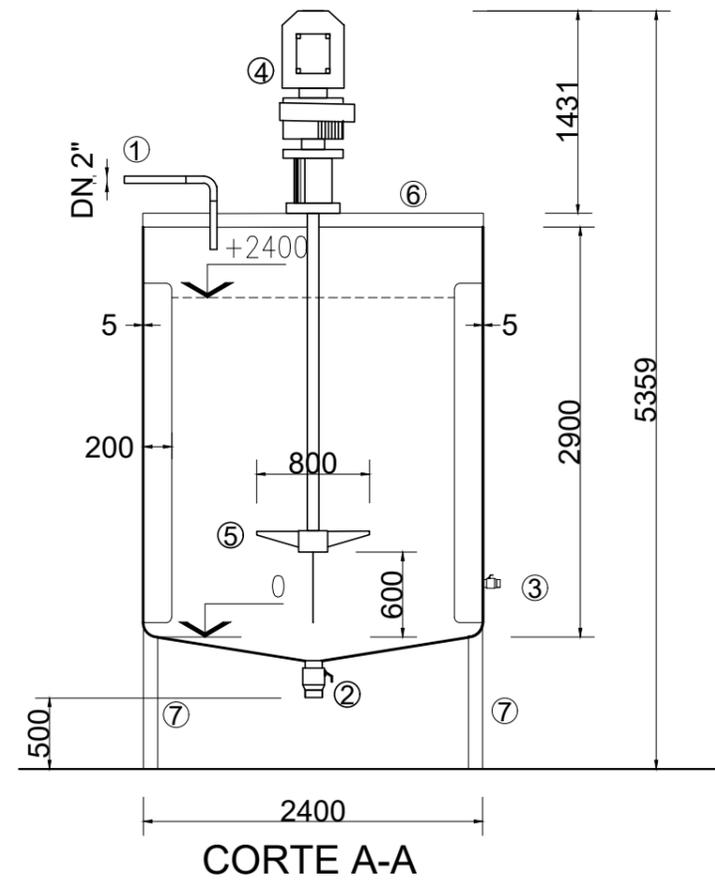
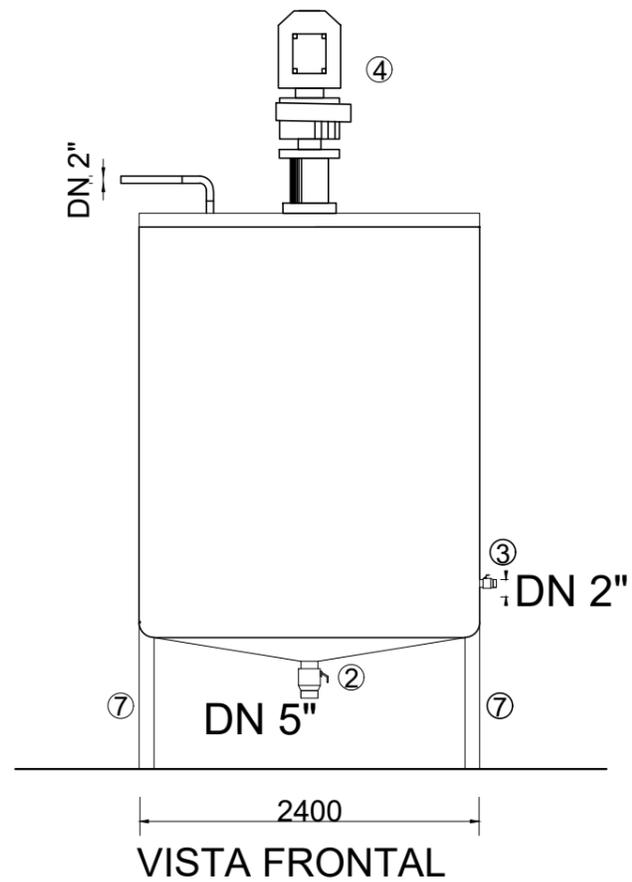
TS9: Tablero Iluminación Sector Nave Principal

- IL-06 Iluminación Preparación
- IL-07 Iluminación Sala de Máquinas
- IL-08 Iluminación Precurado
- IL-09 Iluminación Curado
- IL-10 Iluminación Línea de Corte
- IL-11 Iluminación Packaging
- IL-12 Iluminación Sala de Control
- IL-13 Iluminación Laboratorio
- IL-14 Iluminación Baños y Vestuarios

TS10: Tablero Iluminación Sector Administración

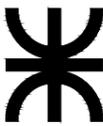
- IL-06 Iluminación Comedor
- IL-07 Iluminación Cocina
- IL-08 Iluminación Oficina de Supervisores
- IL-09 Iluminación Oficina de Gerencia
- IL-10 Iluminación Oficina de Personal
- IL-11 Iluminación Oficina de Ventas
- IL-12 Iluminación Sala de Reuniones
- IL-13 Iluminación Pasillos
- IL-14 Iluminación Baños

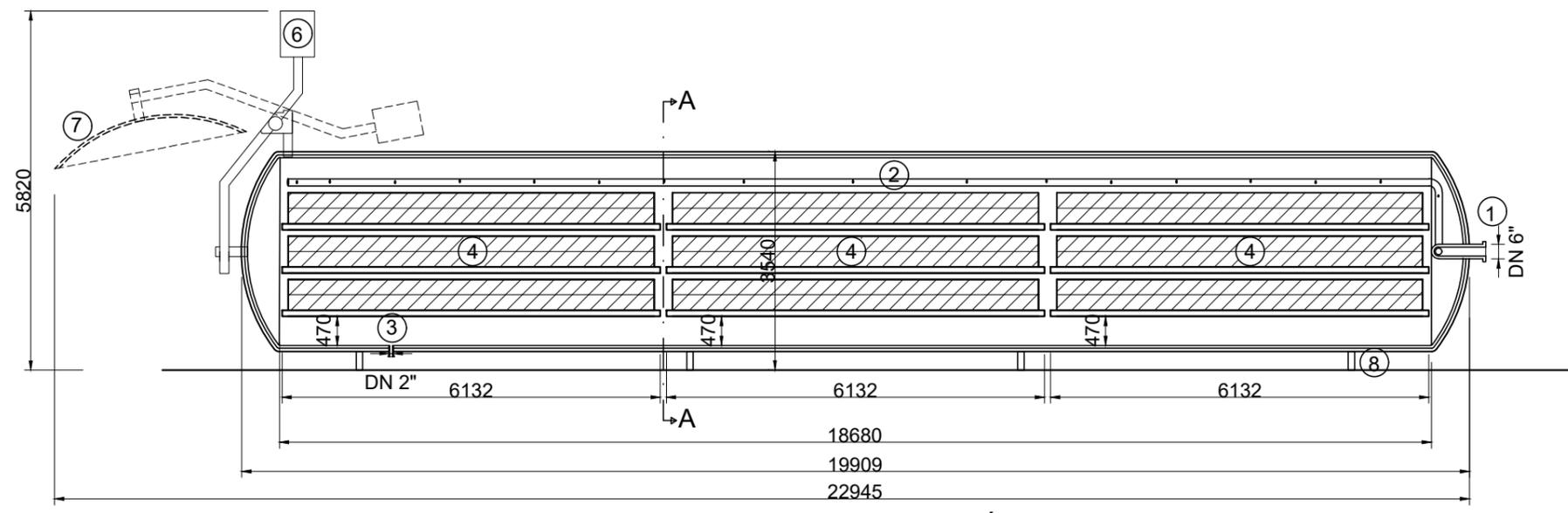
 ESCALA S/E	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	DIAGRAMA UNIFILAR		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE PLANO N°7



REFERENCIAS

- ① ALIMENTACIÓN LECHADA
- ② DESCARGA LECHADA
- ③ VÁLVULA DE VERIFICACIÓN
- ④ MOTOR Y CAJA REDUCTORA
- ⑤ IMPULSOR
- ⑥ BANDEJA SOPORTE
- ⑦ APOYOS TANQUE

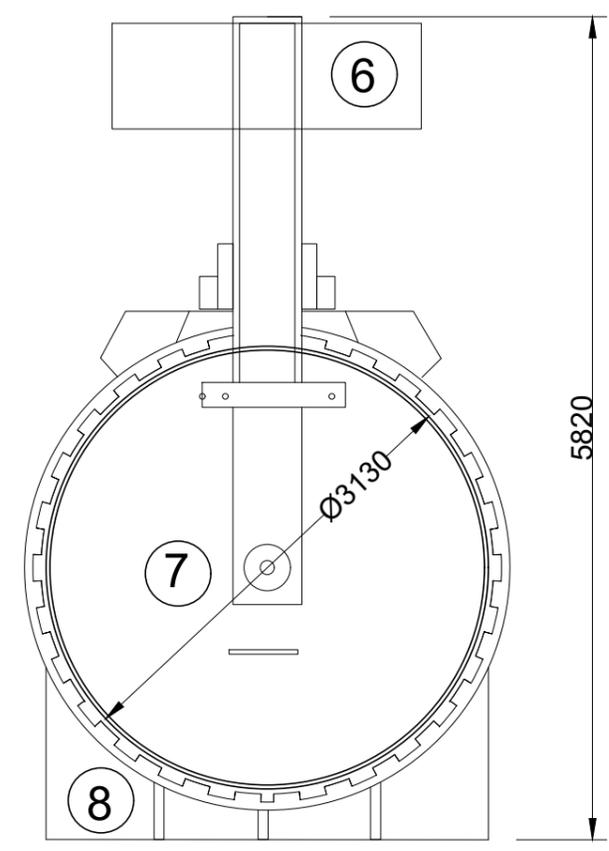
 ESCALA 1: 50	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	TANQUE DE SUSPENSIÓN		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE PLANO N° 8



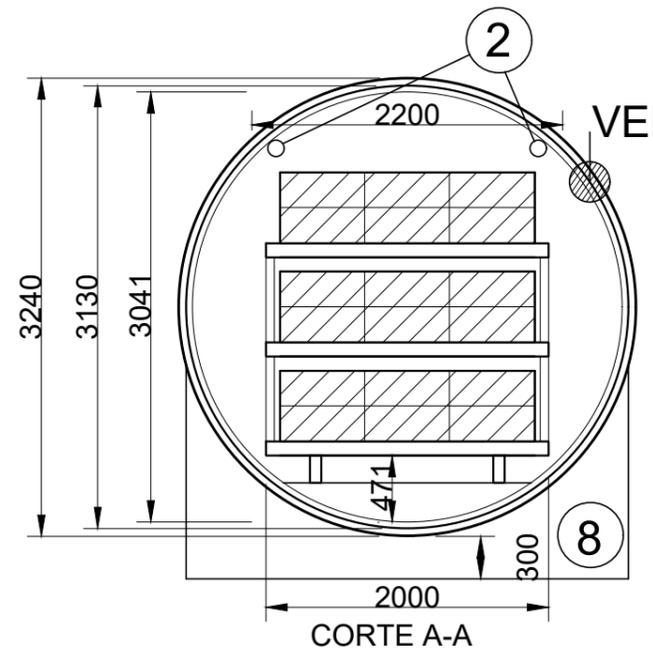
CORTE LONGITUDINAL CON DISTRIBUCIÓN INTERIOR ESC 1:100

REFERENCIAS

- ① ALIMENTACIÓN DE VAPOR
- ② CAÑERÍA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR
- ③ DESCARGA DE CONDENSADO
- ④ CARRO DE MOLDES
- ⑤ TORTA DE HORMIGÓN
- ⑥ CONTRAPESO
- ⑦ COMPUERTA DE ACCIONAMIENTO RÁPIDO
- ⑧ APOYOS

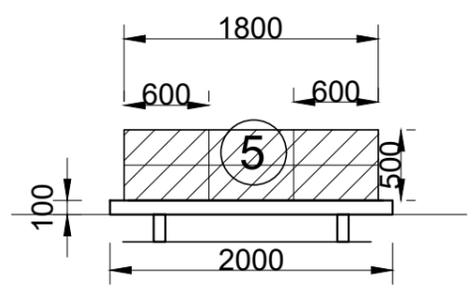


VISTA FRONTAL

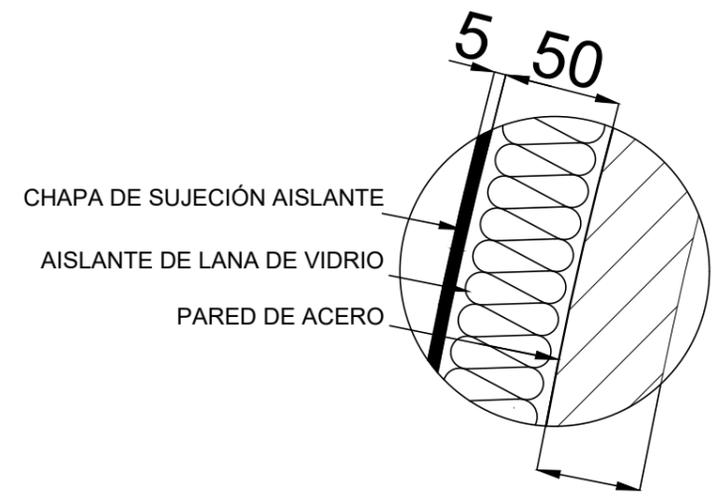


CORTE A-A

VER DETALLE



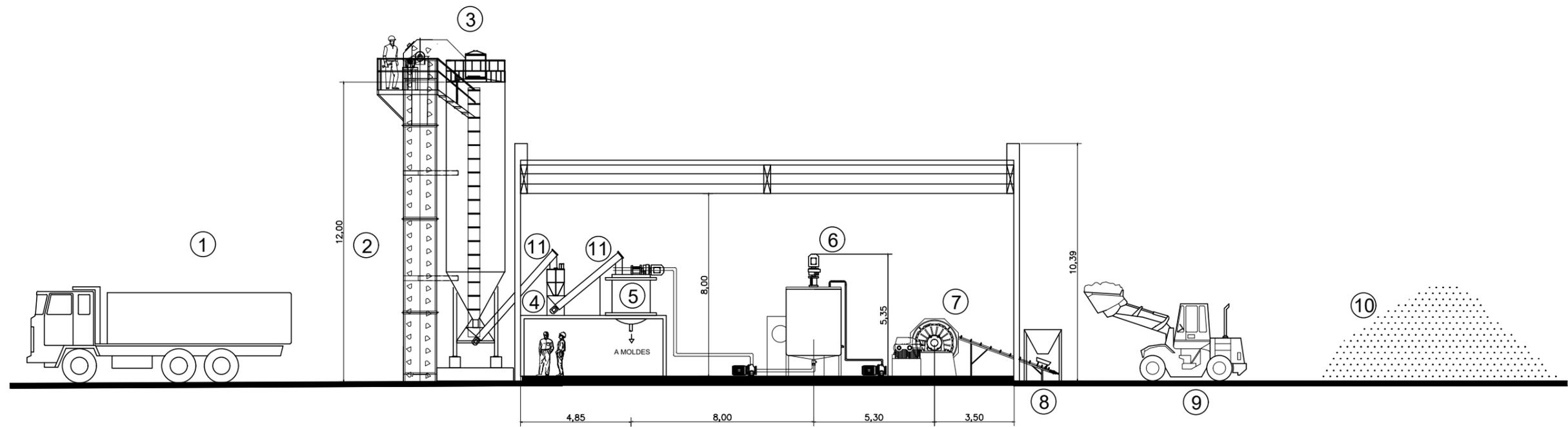
VISTA DE BANDEJA



DETALLE PARED ESC 1:3

ESC 1:50

 ESCALA VARIAS	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	<h1>AUTOCLAVE</h1>		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE <h2>PLANO N°9</h2>



CORTE A-A ZONA DE PREPARACIÓN

REFERENCIAS

- 1. Camión
- 2. Elevador de cangilones
- 3. Silo de sólidos
- 4. Balanza de sólidos
- 5. Tanque de mezcla
- 6. Tanque de suspensión
- 7. Molino de bolas
- 8. Tolva de arena
- 9. Cargador frontal
- 10. Acopio de arena
- 11. Transporte de tornillos

 ESCALA 1: 200	NICOLAS J. VEXELMAN MILAGROS GREBE IVAN NUÑEZ PORCEL	INTEGRACIÓN V AÑO 2023	INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
	CORTE ZONA PREPARACIÓN		PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE PLANO N°10