

Asesoramiento técnico a una fábrica de BTC en la provincia de Santa Fe, Argentina

Gonzalo Darras¹, Cristian Benvenuto², Santiago Cabrera³, Ariel González⁴

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina

¹gonzalo.darras@gmail.com; ²crisbenvenuto@hotmail.com; ³spcabrera@outlook.com; ⁴aagonzal@frsf.utn.edu.ar

Palabras clave: BTC, calidad, procesos, laboratorio.

Resumen

Este trabajo tiene por objeto desarrollar un Sistema de Gestión de Calidad para el proceso de producción de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) de la empresa GS Block, el cual permita alcanzar objetivos de mejora continua y cumplir con los requisitos y especificaciones de clientes, proveedores y demás grupos de interés. Actualmente la Organización no lleva registro de cuantificación de calidad y es por eso que se realizó un análisis de la situación actual que permita diagnosticar a la empresa, buscando herramientas de calidad que puedan aplicarse para la solución de problemas y la mejora en los procesos y producto. En una segunda instancia, se llevó a cabo la implementación de mejoras en el proceso de fabricación y la propuesta de instalación de un laboratorio de ensayos in situ para realizar pruebas físicas y mecánicas. Además, el trabajo busca ser un punto de partida para una futura certificación de metodología de producción.

1. INTRODUCCIÓN

El bloque de tierra comprimida (BTC) es un mampuesto fabricado mediante la compresión de tierra con estabilizantes, que se encuentra alojada dentro de un molde, empleando un equipo de prensado manual para bajas demandas de producción o automático para sistemas industrializados (Bestraten et al, 2011; Falceto, 2012).

Las ventajas del BTC en comparación con otros mampuestos de fábrica, como el ladrillo cerámico o bloque de hormigón, pueden resumirse en su regularidad de forma, su adecuada resistencia y la posibilidad de ser reciclados prácticamente en su totalidad; además de sus propiedades térmicas e higroscópicas (Vázquez Espi, 2001). En cuanto a su producción, posee características que lo hacen económico y ambientalmente amigable: requieren mucho menos energía para su elaboración y no precisan de mano de obra altamente calificada para su elaboración (Rigassi, 1986).

El presente trabajo se llevó a cabo en la empresa GS Block S.R.L. en el marco del convenio firmado con el Grupo Spaggiari S.R.L. y el Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra (TIERRA FIRME) de la UTN FRSF. La organización fabrica BTC para abastecer la demanda de mampuestos destinados a proyectos propios llevados a cabo por la desarrolladora inmobiliaria del Grupo Spaggiari, y en menor medida a la venta de bloques al público. Se encuentra ubicada en la ciudad de Egusquiza, Santa Fe.

Debido a que la Organización fabrica un producto innovador, éste todavía se encuentra en fase de crecimiento y requiere superar ciertas barreras de mercado, especialmente la competencia de los ladrillos convencionales, y para esto es necesario obtener un bloque que cumpla ciertos estándares de calidad. A partir del trabajo conjunto entre la organización y el Grupo de Investigación se pudo detectar el interés de los directivos de trabajar en la mejora continua e implementar sistemas de control de calidad que permitan estandarizar y mejorar sus procesos y productos. Además, el diseño de este sistema de gestión de calidad busca ser un punto de partida para la futura certificación de procesos según la Norma ISO 9001:2015.

2. OBJETIVO

El objetivo del trabajo desarrollado es la implementación de mejoras de procesos a través del uso de herramientas de la calidad, el diseño de un laboratorio de ensayos propio para la empresa y la elaboración de la documentación necesaria para el desarrollo de un sistema de gestión de calidad (SGC).

3. METODOLOGÍA

A continuación, se enumeran las actividades a realizadas para lograr los objetivos planteados:

- Disposición de la información: Se realizó una búsqueda de información y aspectos teóricos relacionados a la temática de los distintos objetivos propuestos en el presente trabajo. Además, se buscó comprender las necesidades y expectativas de las partes involucradas.
- Conocimiento de la Organización y de los procesos productivos: Se efectuó un reconocimiento de las instalaciones, distintas áreas de trabajo y las etapas del proceso productivo de BTC para comprender cómo funciona. Se entablaron charlas y realizaron entrevistas con el personal de planta, valorando su opinión y considerando las propuestas que puedan llegar a ofrecer en relación con las actividades que desempeñan a diario. Se observó el flujo de materiales, recolectó información existente dentro de la empresa con relación al proceso y se elaboraron los diagramas de flujos correspondientes. Se relevó la distribución de la planta actual. Se llevó a cabo un registro de los equipos utilizados, reunió información y realizó un análisis detallado sobre la materia prima, insumos, producto final y las operaciones de producción de BTC a través del uso de herramientas de la calidad (planillas) para el posterior estudio de datos.
- Elaboración de un diagnóstico de la situación actual de la empresa: Se evaluó la información obtenida en las etapas anteriores con el objetivo de establecer puntos críticos dentro del proceso. Se desarrollaron y clasificaron en un listado los posibles problemas de calidad y puntos a mejorar que existen dentro de la empresa.
- Formulación de propuestas de mejora del proceso de producción de los BTC: Se propusieron posibles soluciones para los inconvenientes detectados utilizando los datos obtenidos y evaluando distintas alternativas.
- Planificación e implementación de un laboratorio de ensayos de materiales: Se analizaron y desarrollaron los diferentes tipos de ensayos a realizar dentro del nuevo laboratorio, en conjunto con la elaboración y formalización de protocolos de trabajo. Se seleccionó el equipamiento requerido para el laboratorio de ensayos y se dieron instrucciones para su instalación y montaje dentro del predio de la nave industrial.
- Elaboración de la documentación final: Se elaboró un Manual de Procedimientos donde se detalla la metodología de fabricación del BTC con las mejoras propuestas. Por otro lado, se incorporó un Manual de Procedimientos de Ensayos que establezca los protocolos y finalidad de cada uno de ellos.

4. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

Para desarrollar un análisis completo de la unidad productiva de BTC y el consiguiente estudio de proceso, se efectuaron las correspondientes entrevistas al personal, relevamientos de información y toma de datos en planta, utilizando diversas herramientas de análisis como layout de la fábrica y diagramas de flujo de procesos que representan cada una de las etapas del proceso de producción de bloques, permitiendo de esta forma estudiar e identificar puntos de mejoras en el mismo.

En la Figura 1 se observa el proceso de producción detallado con las diferentes etapas mencionadas, sus productos intermedios, insumos de producción y desperdicios.

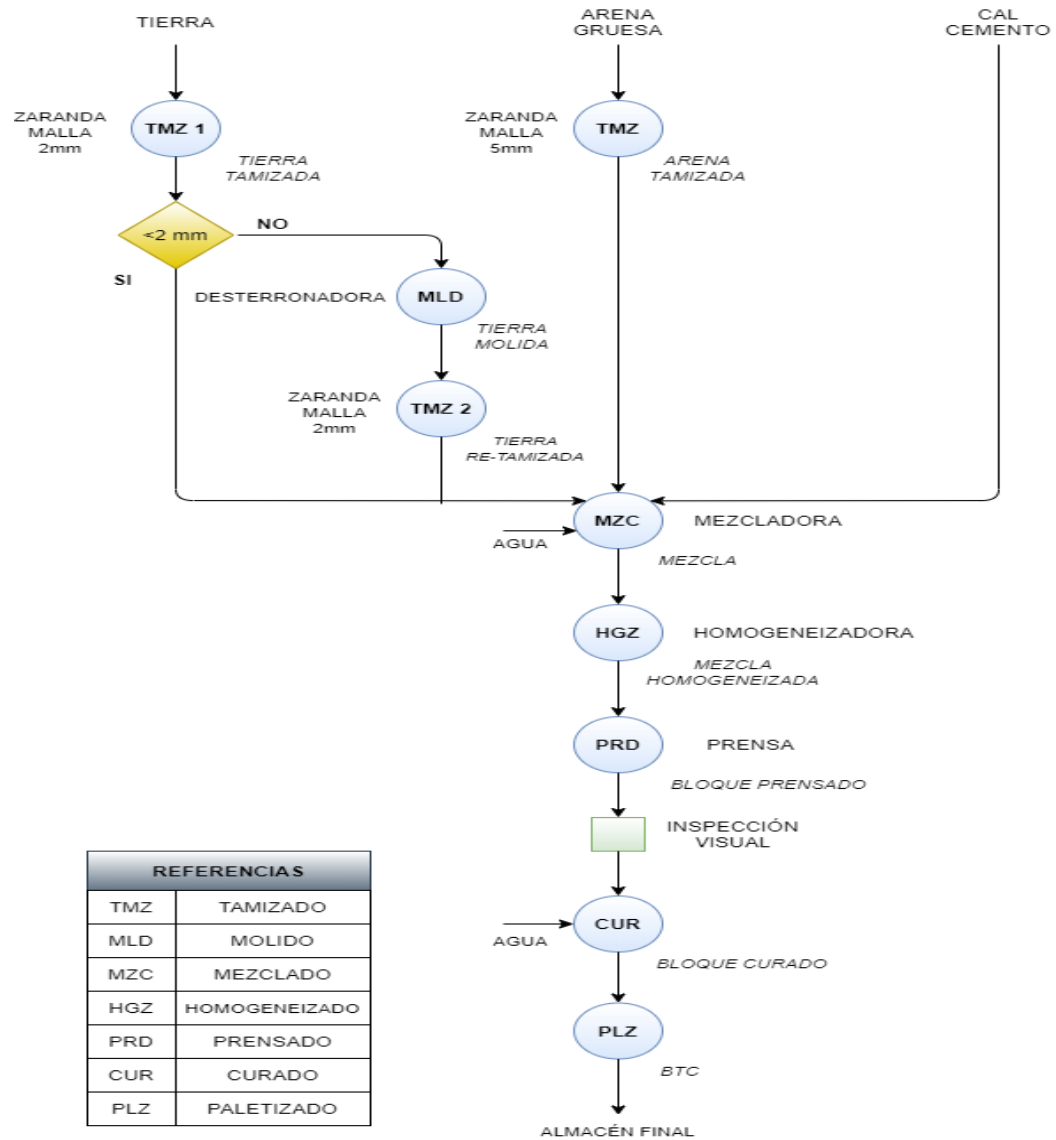


Figura 1: Diagrama de flujo de producción de BTC

4.1 Almacén Inicial

El almacén inicial se constituye por cuatro partes que corresponden a cada una de las materias primas utilizadas en el proceso de producción de los BTC, pudiendo apreciarse en las Figuras 2, 3 y 4 los acopios correspondientes a cada una de las materias primas.

Tierra: Se acopia en forma de montaña en la parte exterior de la planta, a la intemperie, se mantiene oreada por los operarios y se protege con lonas en situaciones de pronósticos de malas condiciones climáticas para evitar la hidratación excesiva y posteriores inconvenientes en las siguientes etapas.

Arena: Se acopia en forma de montaña en la parte exterior de la planta, a la intemperie y próxima a la tierra, del mismo modo que ésta. Se protege en casos de condiciones climáticas desfavorables.

Cal: Llega en pallets que contienen 66 unidades, que luego son transportados a través de un autoelevador hacia un depósito cerrado utilizado para ese fin.

Cemento: Llega en pallets que contienen 48 unidades, que luego son transportados a través de un autoelevador hacia el mismo depósito cerrado de Cal.

La tierra se adquiere de un proveedor en la comuna de Aldao, mientras que la arena se adquiere en la ciudad de Río Tercero (Córdoba). En cuanto a la cal (aérea hidratada marca SI CAL) y el cemento (HOLCIM CPF 40) se compran en un corralón de la ciudad.



Figura 2: Acopio tierra



Figura 3: Acopio arena gruesa



Figura 4: Almacén de aglomerantes

4.2 Tamizado

La etapa de tamizado se divide en dos partes diferentes: Tamizado de Tierra y Tamizado de Arena gruesa, las cuales se describen a continuación:

Tamizado de Tierra: Una vez acopiada la tierra se procede a llenar bolsones de 1 m³, para luego, con el uso del autoelevador, efectuar la correspondiente carga de la zaranda. Esta acción se lleva a cabo elevando la bolsa por encima de la zaranda y realizando la apertura de un agujero que posee en la parte inferior de la misma, dejando caer el material sobre la máquina. Además, se utiliza una malla metálica especial de 2 mm la cual separa la tierra por granulometría, descargando el material tamizado en otro bolsón de igual volumen. La tierra retenida sobre la zaranda se almacena para luego ser molida y zarandeada nuevamente.



Figura 5: Tierra antes (izquierda) y después de ser procesada (derecha)

Tamizado de Arena: En este proceso la carga de la máquina zaranda se realiza manualmente a través del uso de palas, y se utiliza una malla metálica de 5 mm. De la misma manera que con el tamizado de tierra, el material útil que pasa por la malla se descarga en un bolsón de 1 m³, descartando así el excedente que no lo hace.

4.3 Mezclado

Se introducen la tierra y arena provenientes de la etapa de Tamizado, en conjunto con la cal y el cemento provenientes de la etapa de almacén inicial.

Se preparan baldes de 8 l con las proporciones adecuadas para la mezcla, siendo éstas las indicadas en la Tabla 1. Luego se llena la mezcladora con estas dosificaciones y se procede al mezclado con agregado controlado de agua tratada por osmosis inversa hasta lograr una humedad relativa en la mezcla del 8%, y que esta adquiera un grado de homogeneidad satisfactorio, factores que se evalúan por tacto de un operario experimentado.

Esta etapa posee un tiempo de espera aproximado de 7/8 min, luego del cual se descarga la mezcla en baldes de 8 l para pasar a la siguiente etapa.

Tabla 1: Dosificaciones

	Densidad [Kg/m ³]	Baldes [u]	Proporción Volumétrica [%]	Proporción en peso [%]
Tierra	1160	8	55,17	55,80
Ar. Gruesa	1550	3	20,69	27,96
Cemento	900	2	13,79	10,82
Cal	600	1,5	10,34	5,41

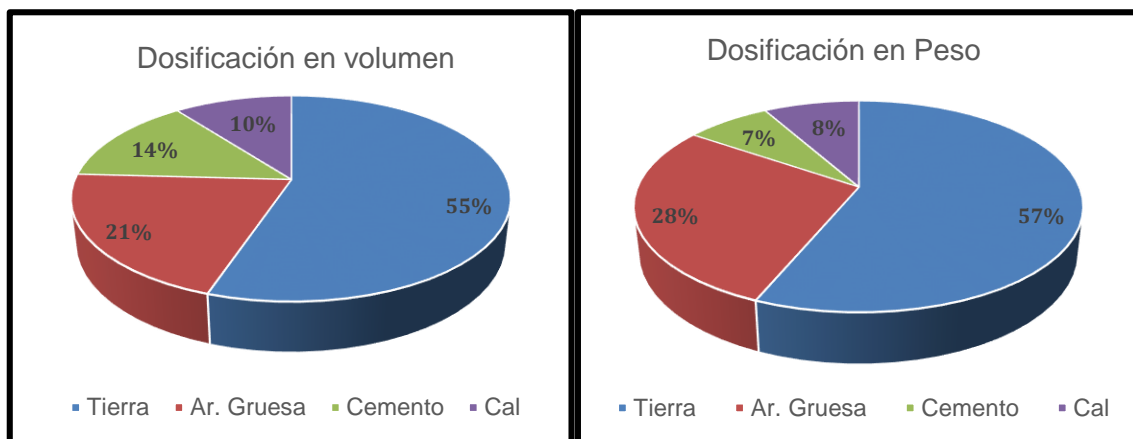


Figura 6: Dosificaciones en peso y volumen



Figura 7: Sector de mezclado

4.4 Homogeneizado

Los baldes de 8 l de mezcla provenientes de la etapa anterior se vuelcan en la homogeneizadora, donde se eliminan los grumos existentes. Luego se vuelven a llenar los baldes con la mezcla en óptimas condiciones para la etapa siguiente.

4.5 Prensado

Los baldes con mezcla óptima se descargan en las tolvas anexadas a las prensas hidráulicas, donde se comprime el material con una presión de $14,2 \text{ kg/cm}^2$. La forma del bloque está definida por el molde en la prensa. Luego se retiran manualmente de la prensa y se les realiza una inspección visual rápida para detectar imperfecciones y, en caso de estar aprobados, se colocan en un pallet, siendo caso contrario apartados para reproceso (vuelven a prensarse).

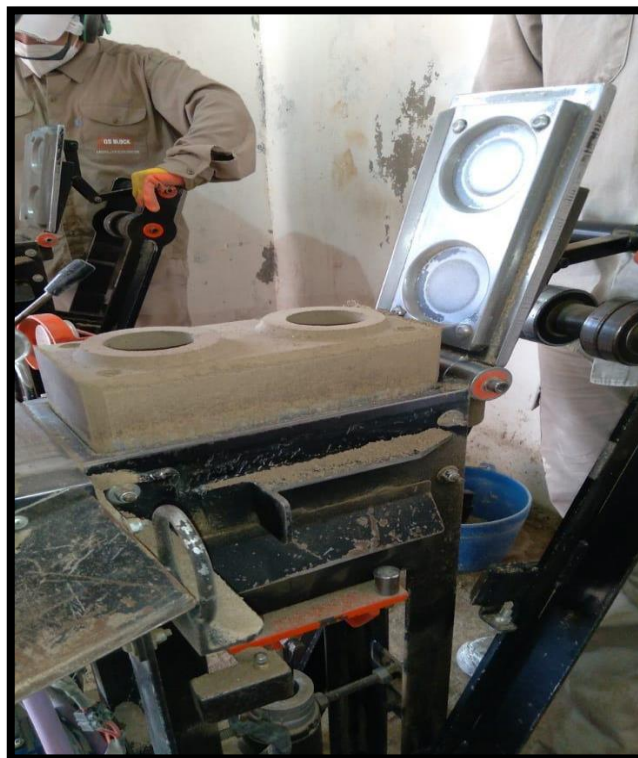


Figura 8: Prensado

4.6 Curado

En esta etapa los bloques se riegan manualmente de manera intermitente y, cuando termina la jornada, se enciende el sistema que suministra agua en forma de lluvia durante 20 min, con una pausa de 40 min, en forma de ciclo.

En la Figura 9 se puede apreciar la organización del sector para la producción, los pallets que poseen una sola hilada es la producción de un día laboral y cada uno de ellos está conformado por 48 bloques provenientes del prensado. Habiendo completado 24 hs de curado de esta forma y tomando ya mayor resistencia para ser manipulados, los mismos son estibados junto con los bloques de los pallets laterales que se apilan hasta 8 o 9 hiladas, cantidad de bloques que completan un pallet terminado (Figuras 10 y 11). Estas actividades se realizan al comenzar la jornada laboral, teniendo como objetivo la generación de espacio para la nueva producción diaria.

Una vez que los pallets completan la cantidad máxima permanecen durante 10 días en la cámara de curado para luego ser paletizados nuevamente y transportados al exterior.



Figura 9: Zona de curado

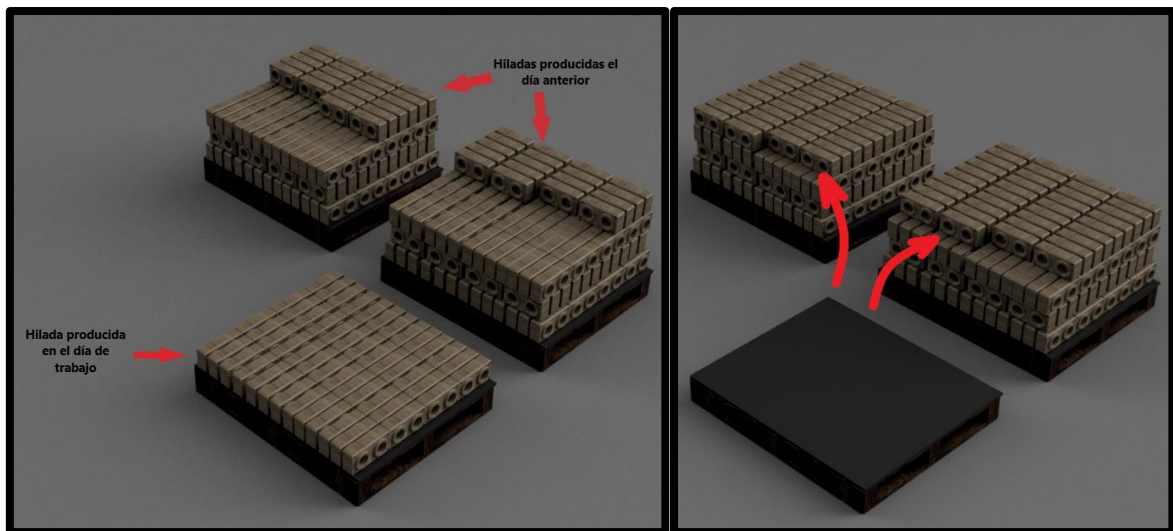


Figura 10: Organización de bloques en curado

4.7 Paletizado

Los pallets provenientes de la etapa de curado se mojan nuevamente y se envuelven completamente con papel film, con el objetivo de que los estabilizantes sigan reaccionando y se favorezca la ganancia de resistencia, para luego ser trasladados a la zona de almacenamiento final, al aire libre.

Pasados los 28 días desde el moldeo y prensado los ladrillos están listos para ser utilizados.

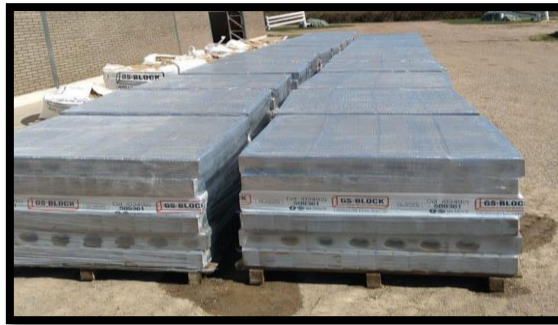


Figura 11: Paletizado y acopio final de los bloques

4.8 Layout de planta

A continuación, se visualiza la distribución de los equipos y el flujo de materiales dentro de la planta, desde que llega la materia prima hasta que es almacenado el producto final.

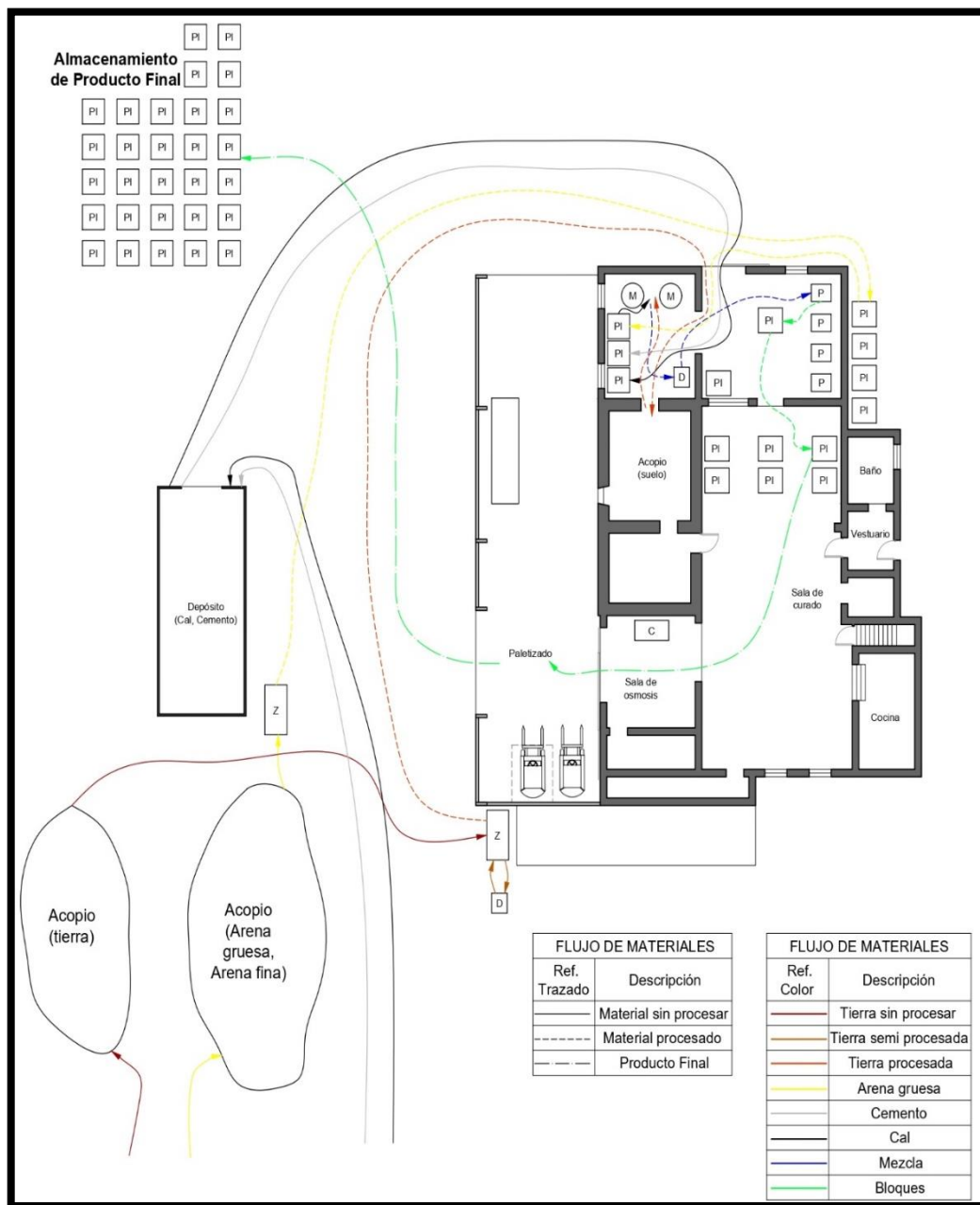


Figura 12: Distribución de equipos y sectores de GS Block

5. DIAGNÓSTICO

A partir de la información recolectada y procesada, se prosiguió con la interpretación de las necesidades y puntos de análisis a considerar, algunos de ellos mencionados por el personal y otros, identificados a partir de la visualización y análisis del proceso. En la etapa de análisis, se implementaron herramientas de calidad que buscan cuantificar la magnitud de ciertas situaciones encontradas.

A continuación, se describen las acciones propuestas a la organización en busca de implementar mejoras en el proceso productivo, las cuales se basan en el diagnóstico organizacional previamente elaborado. Estas mejoras se clasifican en 3 tipos:

- Sugerencias y procedimientos: Se lograron identificar ciertos puntos en diferentes etapas del proceso que pueden ser optimizadas. Desde el punto de vista de la calidad se trata de la prevención y control de los materiales a utilizar; condiciones de los mismos; metodologías de procesamiento; tiempos; etc. La implementación de estas sugerencias permitirá prevenir o detectar de manera temprana fallas y promover la estandarización del proceso y el producto.
- Mejora continua del proceso de producción y el producto final: Consiste en la propuesta de implementación de ensayos mecánicos y procedimientos que permitan evaluar y optimizar de manera continua las características tanto de la materia prima como del producto final. Para ello, se propone la realización periódica de ensayos de laboratorio que permitan lograr un salto de calidad en el mampuesto, de manera de adquirir mayor competitividad en el mercado, cumpliendo los requerimientos del cliente y los demás grupos de interés.
- Fallas en el proceso: Se detectaron dos problemas de calidad en el proceso de manufactura del bloque.

Respecto al último punto, se implementaron hojas de inspección como herramientas que permitan medir la magnitud de estos problemas, de manera que, de verificarse estas fallas, se realizará un análisis de las posibles causas y soluciones que permitan minimizarlos o evitarlos.

6. PROPUESTAS DE MEJORAS

A continuación, se enumeran las principales propuestas de mejora de proceso y cambios en los procedimientos de trabajo, en pos de lograr los objetivos mencionados, considerando la instalación del laboratorio de ensayos propio dentro de la organización.

6.1 Modificación en la etapa de Tamizado

Actualmente se realiza un Tamizado de la tierra proveniente del acopio, y lo que se descarta pasa por la Molienda para luego ser Tamizado por segunda vez. Esta sugerencia consiste en eliminar una actividad de tamizado con la finalidad de reducir la variabilidad en la composición de las partidas de tierra (la tierra proveniente del 2° Tamizado contiene mayor cantidad de arcilla que la proveniente del 1° Tamizado).

Esta propuesta garantiza una metodología de trabajo estandarizada, operando siempre con el mismo tipo de materia prima (composición de la tierra uniforme) y a su vez, optimizar la etapa suprimiendo una actividad de tamizado (considerado retrabajo), lo cual influye directamente en la calidad final del BTC, en la eficiencia del proceso productivo y en el trabajo realizado por los operarios. En síntesis, se propone moler toda la tierra, luego pasarla por la zaranda y almacenarla nuevamente, de manera de que toda la tierra que se utilizará en el proceso sea molida y tamizada previamente, tal como se indica en la *Figura 13*.

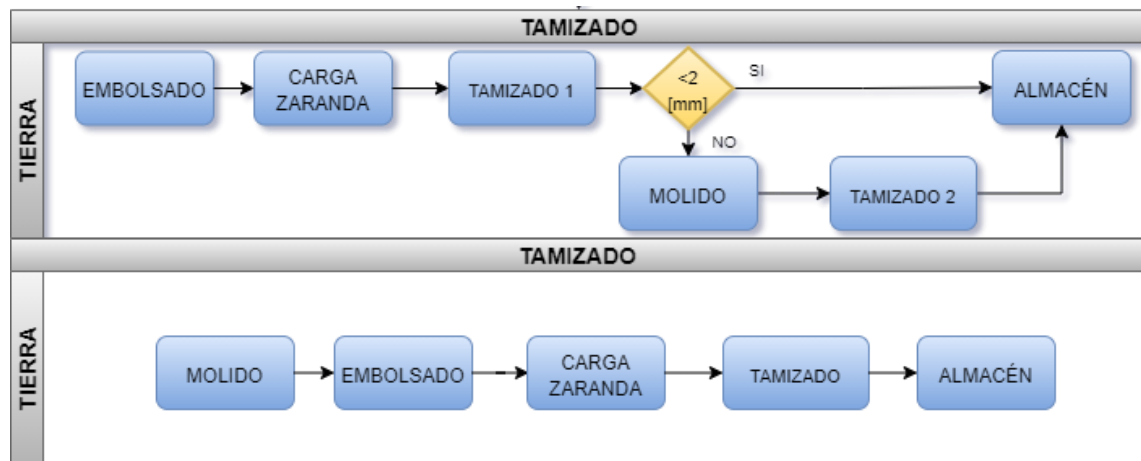


Figura 13: Metodología de trabajo actual (arriba) y nueva propuesta (abajo)

6.2 Mejoras en el almacenamiento de materia prima

Actualmente la tierra y la arena gruesa sin procesar se encuentran almacenadas al aire libre, estas condiciones de almacenamiento pueden generar inconvenientes a la producción los días afectados por las condiciones climáticas adversas.

Los beneficios que genera el resguardo de la materia prima bajo un techo o dentro de un silo son los siguientes:

- Nivel óptimo de humedad para ingresar al proceso productivo: la materia prima debe estar lo más seca posible tanto para lograr un mejor tamizado y/o molido, como así también para optimizar el mezclado con los aglomerantes.
- Mejor organización para el proceso de tamizado: si se establece una parte de este espacio como permanente para esta actividad, sería posible planificar y realizar esta tarea de manera más eficiente.
- Mayor productividad: relacionado al ítem anterior y al ahorro de tiempo en tareas de tapado y movimiento, se lograría obtener más tiempo para dedicar a otras actividades del proceso.
- La vida útil de la malla metálica utilizada en el proceso de tamizado aumentaría debido a que no se deterioraría por oxidación o por alto grado de manipulación (el deterioro ocurre cuando el nivel de humedad es tal que los granos de tierra no pasan por la malla).
- Menor desgaste del personal: se torna tedioso el hecho de depender constantemente de las condiciones de clima para cubrir el material, realizar movimientos y en ciertas oportunidades tamizar o moler material húmedo.

6.3 Implementación de ensayos de laboratorio

Se desarrolló un Manual de Procedimientos para la realización periódica de ensayos de laboratorio a los BTC producidos. Se entregó además un informe con los planos del nuevo laboratorio de ensayos a construir en el predio de la nave industrial y un listado con el equipamiento requerido por el mismo.

En la Tabla 2 se muestra una tabla resumen de los ensayos propuestos en el Manual de Procedimientos.

Tabla 1: Ensayos a realizar en el nuevo laboratorio

Ensayos sobre materia prima	Ensayos sobre la mezcla	Ensayos sobre producto final
Análisis Granulométrico	Humedad óptima para mezclas de BTC	Resistencia a compresión
Determinación del contenido de humedad Tierra		Resistencia a compresión saturada
Determinación del material fino que pasa el tamiz IRAM #200 por lavado		Resistencia a erosión húmeda por pulverizado de agua a presión
Determinación del límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) de una muestra de suelo		Resistencia a la abrasión
		Ciclos de humedecimiento y secado
		Resistencia a tracción por flexión - módulo de rotura
		Ensayo de caída de un ladrillo completo

6.4 Optimización del uso de los aglomerantes y su resguardo intermedio

Se propuso optimizar el almacenamiento (inicial e intermedio) de cal y cemento, y evaluar de manera periódica de la calidad de la cal y el agua empleadas. Esto acarrearía los siguientes beneficios:

- Evitar usar cal envejecida que haya perdido sus propiedades y afecte la calidad de bloque una vez curado.
- Evitar la presencia de grumos de cal dentro de la masa del bloque, mejorando su calidad y aspecto visual
- Optimizar el proceso de mezclado incorporando la cal con la menor cantidad de humedad posible.

6.5 Mejora en la etapa de Tamizado

En el proceso de tamizado se recomendó el cambio de la malla utilizada (2 mm) por una de menor tamaño (idealmente 0,4 mm). Esto se debe a que, disminuyendo el tamaño de la malla metálica se reduce la cantidad y el tamaño de grumos que pasan por ella, y por consiguiente, se obtiene una mejor granulometría de la tierra que se utiliza.

6.6 Optimización de la etapa de mezclado

Se propuso realizar las siguientes actividades en dicha etapa:

- Verificación de niveles de humedad en los materiales para el mezclado
- Evitar la incorporación de bloques ya curados.
- Control de los tiempos de mezclado.
- Respetar el orden correcto de incorporación de materiales.

Beneficios:

- Óptima homogeneidad de la mezcla
- Evitar formación de grumos

6.7 Mejoras en la etapa de curado

Se deben optimizar y estandarizar los períodos de riego manual durante la jornada diaria (cuando el sistema de riego automático no se encuentra activado), debiendo realizarse cada

1 hs. Una vez finalizada la jornada laboral, encender el sistema de riego automático que suministra agua en forma de lluvia durante 20 min, con una pausa de 40 min, en forma de ciclo.

Beneficios:

- Evitar que se generen heterogeneidades en el tiempo de curado de los bloques.
- Optimizar los tiempos de curado.

6.8 Identificación y protección adecuada de los pallets en Almacenamiento Final

Se debe procurar que la identificación de los pallets en el almacenamiento final se realice en todos los casos, favoreciendo el uso de las planillas de control implementadas. A partir de los ensayos de materia prima planteados, se propone lograr una adecuada trazabilidad que permita identificar con qué partidas fueron producidos los diferentes bloques almacenados.

Beneficios:

- Optimizar el control de los pallets almacenados en el exterior.
- Favorecer la identificación de causas en fallas que pueden surgir, promoviendo la mejora continua.

6.9 Evaluación y optimización de la dosificación utilizada

La dosificación de los materiales influye de manera directa tanto en el costo del producto como en su calidad final. Se propuso confeccionar diferentes series de prueba modificando las cantidades de materia prima y, mediante la realización de ensayos físicos y mecánicos se podrá cuantificar el efecto de las nuevas dosificaciones en las propiedades finales de los bloques.

6.10 Evaluación de la disposición de los bloques en la cámara de curado

El curado debe ser un proceso controlado que garantice que las propiedades finales de todos los bloques sean homogéneas. Además, el tiempo de permanencia del producto en la cámara afecta la capacidad y costos de producción.

De manera similar a lo propuesto con las dosificaciones, se sugiere realizar ensayos que permitan cuantificar los efectos del tiempo de curado en las características del bloque en pos de optimizar dicha etapa.

7. CONCLUSIÓN

Este trabajo resulto fundamental para la organización en vistas a la formalización y la mejora del proceso productivo de los BTC, sirviendo como base para posteriores estudios enfocados en la optimización y estandarización de procesos. Además, se dio un gran paso hacia la futura certificación de procesos según la Norma ISO 9001:2015, la cual pretende alcanzar la organización a través de un enfoque basado en procesos y no conformidades. El proceso de certificación debe ser progresivo y requiere un alto compromiso por parte de la alta dirección para poder ser transmitido desde allí hacia toda la organización. Como segunda etapa del trabajo realizado, se formaron nuevos vínculos con la empresa (firma de un nuevo convenio) para continuar avanzando en el logro de los objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todo el capital humano de la empresa GS BLOCK por su excelente predisposición para colaborar en las actividades desarrolladas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Besterfield, Dale H. (1995) Control de Calidad. México: Prentice Hall.

Bestraten S; Hormías E.; Altemir A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. Informe de la Construcción, v. 63, n 523, p.19 - 31.

Deming, Edwards W. (1989). Calidad, Productividad y Competitividad. La salida de la crisis. Madrid: Díaz de Santos.

Falceto, (2012). Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción. Tesis doctoral: Universidad Politécnica de Madrid.

Galgano, Alberto (1995). Los Siete instrumentos de la calidad total: manual operativo Madrid: Díaz de Santos.

Norma Internacional ISO 9000:2015.

Rigassi, V. (1986); Compressed earth blocks: manual of production. v.1. France: CRATerre-EAG

Vázquez Espi, M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: El caso de la tierra y otros materiales. Informes de la construcción. v. 52, n 471, p. 29 – 43