Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Gestión de procesos para optimizar la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima 2023-2024

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Américo VARGAS ROJAS

ASESOR

Mg. Willy Hugo CALSINA MIRAMIRA

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Vargas, A. (2026). *Gestión de procesos para optimizar la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima 2023-2024*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Américo Vargas Rojas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	80291307
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-4751-7857
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Willy Hugo Calsina Miramira
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	9512630
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6203-8344
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carlos Antonio Quispe Atúncar
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	8597048
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Ciro Javier Mejía Elías
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10054800
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Robert Freddy Oré Gálvez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	3699938

Datos de investigación	
Línea de investigación	12. Calidad, mejora y optimización de la producción. ODS 12: Producción y consumo responsables. C.17.0.12
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú
	Departamento: Lima
	Provincia: Lima
	Distrito: Lurigancho - Chosica
	Urbanización: Parcelación Semirústica 1ra etapa
	Avenida: Cajamarquilla S/N
	Latitud: -11.966005
	Longitud: -76.889857
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2023 - 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería de Procesos
	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.02
	Ingeniería de Materiales
	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.01

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

VICEDECANATO ACADÉMICO

ACTA DE SUSTENTACIÓN Nº020-VDAP-FII-2026

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **martes 23 de junio de 2026**, a las 13:30 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

"GESTIÓN DE PROCESOS PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE PREFABRICADOS DE CONCRETO VIBROCOMPACTADO EN UNA EMPRESA CONCRETERA DE LIMA 2023-2024"

Que presenta el Bachiller:

AMÉRICO VARGAS ROJAS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria.**

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 14:30 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido Aprobado por unanimidad con la calificación promedio de Diecisiete, lo cual se comunicó públicamente.

Lima, 23 de junio del 2026

MG. CARLOS ANTONIO QUISPE ATÚNCAR
Presidente

DR. CIRO JAVIER MEJÍA ELÍAS
Miembro

MG. ROBERT FREDDY ORÉ GÁLVEZ
Miembro

MG. WILLY HUGO CALSINA MIRAMIRA
Asesor

DR. JULIO ALEJANDRO SALAS BACALLA
Vicedecano Académico – FII

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **MG**. **WILLY HUGO CALSINA MIRAMIRA** en mi condición de asesor acreditado con el **DICTAMEN N° 028-EPII-FII-2026** de la tesis, cuyo título es **GESTIÓN DE PROCESOS PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE PREFABRICADOS DE CONCRETO VIBROCOMPACTADO EN UNA EMPRESA CONCRETERA DE LIMA 2023-2024**, presentado por el bachiller **Américo, VARGAS ROJAS** para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **15%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Industrial.

Lima, 30 de julio del 2026



Firma del Asesor
Nombres y Apellidos del asesor: **WILLY HUGO CALSINA MIRAMIRA**
DNI: **09512630**

Dedicatoria

Para mis padres, mi esposa y mi hija, por su apoyo incondicional y amor ya que sin el cariño de ellos no es posible este nuevo paso y que me sirve de guía y estímulo para crecer personal y profesionalmente.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por impartirnos conocimientos adquiridos, su respaldo y confianza.

A mi asesor Willy Hugo Calsina Miramira, por su guía y dirección en este trabajo de investigación de la Tesis, que me permite cimentar mis conocimientos y poner en práctica con el objetivo de aportar algo nuevo a la sociedad.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN ix

ABSTRACT x

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1

1.1. Introducción 1

1.2. Planteamiento del problema 12

1.2.1. Determinación del problema 12

1.2.2. Formulación del problema 15

1.2.3. Formulación de los problemas secundarios 16

1.3. Objetivos 16

1.3.1. Objetivo principal 16

1.3.2. Objetivos secundarios 16

1.4. Importancia y alcance de la investigación 16

1.5. Justificación de la investigación 17

1.5.1. Teórica 17

1.5.2. Práctica 17

1.5.3. Metodológica 18

1.6. Delimitación de la investigación 19

1.6.1. Espacial 19

1.6.2. Temporal 19

1.6.3. Conceptual 19

1.7. Limitaciones de la investigación 20

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA 21

2.1. Marco teórico 21

2.2. Antecedentes del estudio 21

2.3. Bases teóricas 31

2.4. Definición de Términos....33
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES....38
3.1. Hipótesis....38
3.1.1. Hipótesis principal....38
3.1.2. Hipótesis secundarias....38
3.2. Variables....38
3.3. Operacionalización de las variables....38
CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS....41
4.1. Área de estudio....41
4.2. Tipo y diseño de investigación....41
4.3. Población y muestra....42
4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos....42
4.5. Análisis estadístico....42
CAPÍTULO V: RESULTADOS....43
5.1. Herramienta de Ingeniería para implementar una correcta gestión de procesos....43
5.2. Simulación de procesos por Bizagi....45
5.3. Análisis de Control Estadístico de Procesos....51
5.4. Contrastación de la Hipótesis....55
5.5. Resultados:....56
5.6. Situación inicial antes de las mejoras (2023)....59
5.7. Resultados cuantitativos después de la implementación (comparación 2023 vs 2024)....61
5.8. Resultados descriptivos después de la implementación....62
5.9. Resultados cuantitativos de los 16 indicadores....62
5.10. Análisis de generación de mejora con respecto a las dimensiones independientes de los objetivos específicos....63

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN 66
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 70
7.1. Conclusiones 70
7.2. Recomendaciones 71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 74
ANEXOS 80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Unidades de Negocio 7

Tabla 2 Principales productos 9

Tabla 3 Resultados de la consolidación de incidencias para el análisis de Pareto ...14

Tabla 4 Operacionalización de las Variables y Dimensiones.....39

Tabla 5 Matriz de Consistencia 40

Tabla 6 Tabulación de datos para la aplicación P-Chart.....51

Tabla 7 Resultados de la Aplicación P-Chart 52

Tabla 8 Resultados de las 17 órdenes de producción del 2023-2024.....566

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Bloques y adoquines de concreto.....5

Figura 2 Layout típico de planta bloquetera automática 8

Figura 3 Planta de UNICON en Lurigancho - Planta Cajamarquilla.....10

Figura 4 Planta de UNICON en Lurigancho - Planta Cajamarquilla.....10

Figura 5 Planta de UNICON en Lurigancho - Planta Cajamarquilla.....11

Figura 6 Diagrama de Ichikawa del Control de medición de Calidad 13

Figura 7 Diagrama de Pareto, muestra la concentración de incidencias según el principio 80/20.....15

Figura 8 Fabricación de bloques de concreto.....46

Figura 9 Proceso de recepción de agregados 488

Figura 10 Proceso de mezclado.....509

Figura 11 Proceso de curado 50

Figura 12 Gráfico de Control P de Fracción Defectuosa (Tamaño de Muestra Variable) 53

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo implementar la gestión de procesos para optimizar la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima durante el periodo 2023-2024. Se identificaron los procesos críticos mediante herramientas como el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto, evidenciando que la mayor proporción de defectos provenía de la alimentación, el traslado y el zarandeo de materiales. El diseño metodológico fue de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño no experimental transversal. La muestra estuvo conformada por 17 órdenes de producción comparadas antes y después de la implementación de mejoras. Los resultados demostraron una reducción significativa de la merma promedio de 4.18% a 2.02%, equivalente a una disminución relativa del 52%. La prueba t de Student pareada y la prueba de Wilcoxon confirmaron que la gestión de procesos contribuye de manera efectiva a mejorar la eficiencia y la calidad. Esta optimización se alinea con el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), al fortalecer la competitividad y sostenibilidad de la producción industrial, y con el ODS 12 (Producción y consumo responsables), al reducir desperdicios y aprovechar mejor los recursos. En conclusión, la gestión de procesos se consolida como una herramienta estratégica para elevar la eficiencia operativa, reducir costos y contribuir a un desarrollo industrial sostenible.

Palabras clave: gestión de procesos, prefabricados de concreto, eficiencia productiva, optimización, sostenibilidad.

ABSTRACT

This research aimed to implement process management to optimize the production of vibro-compacted precast concrete at a concrete company in Lima during the 2023-2024 period. Critical processes were identified using tools such as the Ishikawa diagram and Pareto analysis, showing that the highest proportion of defects originated in the feeding, transfer, and screening of materials. The methodological design was applied, with a quantitative approach, explanatory level, and a non-experimental cross-sectional design. The sample consisted of 17 production orders compared before and after the implementation of improvements. The results demonstrated a significant reduction in average waste from 4.18% to 2.02%, equivalent to a relative decrease of 52%. The paired Student t-test and the Wilcoxon test confirmed that process management effectively contributes to improving efficiency and quality. This optimization aligns with SDG 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure), by strengthening the competitiveness and sustainability of industrial production, and with SDG 12 (Responsible Production and Consumption), by reducing waste and making better use of resources. In conclusion, process management is consolidated as a strategic tool for increasing operational efficiency, reducing costs, and contributing to sustainable industrial development.

Keywords: process management, precast concrete, production efficiency, optimization, sustainability.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Las empresas manufactureras y las grandes industrias siempre han lidiado con un enemigo constante: las deficiencias en sus procesos productivos. Estas fallas nunca tienen una única causa; más bien, son una compleja combinación de factores que incluyen desde malas prácticas en los procedimientos y la impericia de los operadores, hasta fallas imprevistas en la maquinaria, el deterioro de la materia prima, problemas estructurales o defectos de acabado. El resultado de estas carencias es siempre el mismo, aunque en diferente grado: pérdidas económicas considerables. La magnitud de estas pérdidas en las grandes, medianas y pequeñas industrias depende a menudo de la complejidad de sus procesos, de la tecnología que utilizan y de la calidad de sus materias primas e insumos.

Otro gran foco de pérdidas y desperdicios es el volumen de mermas que se genera en cada subproceso de fabricación. Es importante distinguir entre dos tipos. La merma normal es aquella pérdida de materiales que se considera inherente al proceso productivo, como la que ocurre por simple manipulación, la transformación de la materia (por ejemplo, evaporación por calor o el material que se pierde en cortes y estandarización de piezas). Esta pérdida es predecible, se calcula mediante un porcentaje técnico y se absorbe dentro del costo final del producto, por lo que su impacto en la rentabilidad de la empresa es menor. Sin embargo, existe también la merma anormal, que son aquellas pérdidas que exceden los porcentajes normales estimados. Estas no son absorbidas por el costo de producción, sino que se consideran pérdidas directas para la empresa y deben ser asumidas como un gasto del periodo.

A esto se suman los desmedros o deterioros, que representan pérdidas cualitativas e irrecuperables de las existencias, materias primas o suministros. Su origen más común es la fecha de caducidad o vencimiento, aunque también se producen por deficiencias en el almacenamiento, malas condiciones ambientales, siniestros de todo tipo, o incluso por factores como cambios de tecnología, nuevas modas o la discontinuidad de ciertos materiales. Al igual que las mermas anormales, estos desmedros deben ser asumidos como pérdidas y/o gastos por las empresas.

Frente a este escenario, las empresas manufactureras han buscado constantemente metodologías para minimizar, reducir o eliminar las mermas y desmedros, implementando desde manuales de procedimientos óptimos hasta un aumento en la supervisión y control de los procesos, o la adopción de nuevas tecnologías de mejora empresarial. Una de las metodologías más influyentes en la mejora de la productividad es el Control de Procesos (conocido popularmente como Six Sigma), una filosofía que emergió en los años ochenta, impulsada por el ingeniero Mikel Harry e implementada inicialmente en Motorola como una estrategia clave para mejorar la calidad y la competitividad.

Con el auge de la globalización, las empresas del sector industrial y comercial adoptaron diversas técnicas para optimizar sus procesos. El Control de Procesos, según Navarro, Gisbert y Pérez (2017), es una metodología estructurada en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC). Su objetivo es medir el número de desviaciones estándar en la salida del proceso para aumentar la capacidad de este, logrando que se generen los mínimos defectos por millón de unidades producidas, idealmente imperceptibles para el cliente. Actualmente, muchas organizaciones utilizan este sistema como una estrategia de negocio para aumentar su rentabilidad y mejorar la calidad de sus productos y servicios.

Un caso representativo es el de la empresa UNICON S.A., que se dedica, entre otros rubros, a la fabricación de bloques de concreto vibrocompactado de la marca Koncreto. Al igual que otras industrias, UNICON se enfrenta a deficiencias en su proceso que le generan pérdidas por mermas anormales debido a diversas causas. Cabe destacar que, en este proceso de fabricación particular, no existe la posibilidad de reprocesar el material, lo que intensifica la necesidad de un control riguroso.

Nuestra investigación, realizada en el año 2024, se propuso un objetivo claro y tangible: presentar una propuesta de mejora diseñada para minimizar las deficiencias y, más ambicioso aún, erradicar las mermas anormales. Al lograr esto, buscamos generar un impacto positivo directo en la economía de la empresa, creando un ahorro significativo tanto en el uso de material como en el tiempo (horas/hombre) de trabajo. Para alcanzar esta optimización de los subprocesos, decidimos utilizar la robusta metodología de Control de Procesos.

Para poner a prueba la viabilidad de esta propuesta, nos enfocamos en pasos críticos y obligatorios para la producción de los bloques de concreto vibrocompactado: la dosificación de agregados, la mezcla, el vibrocompactado, el curado y el cubado. Realizaremos un cálculo exhaustivo del costo de implementar y aplicar la metodología de Control de Procesos en estos subprocesos clave. Paralelamente, calcularemos los ahorros concretos que se generarían al aplicar nuestra propuesta de mejora. Finalmente, al comparar estos dos resultados (el costo de la implementación frente a los ahorros obtenidos), podremos determinar con claridad si la aplicación de esta metodología resulta en un superávit económico o si, por el contrario, genera un déficit.

La empresa en mención, su historia comienza con una unión estratégica: esta empresa peruana, hoy líder en la fabricación de concreto premezclado y productos afines, nació en 1996 a partir de la fusión de dos gigantes de la industria. Por un lado,

estaba COPRESA, fundada en 1956 y con una trayectoria que ya superaba los 4 millones de metros cúbicos vaciados. Por el otro, se sumó HORMEC, creada en 1976 y responsable de más de 2 millones de metros cúbicos.

La empresa cuenta con el sólido respaldo de Cementos Lima S.A. y Cemento Andino S.A., y desde sus inicios ha mantenido un firme compromiso: garantizar el mejor servicio a sus clientes, apoyándose siempre en la más alta tecnología y calidad para satisfacer todas sus necesidades.

Sus momentos más importantes, que definen su liderazgo, comenzaron inmediatamente después de su creación. En 1996, se formaliza la empresa con la mencionada fusión. Solo un año después, en 1997, la empresa dio un paso crucial al aliarse con Master Builders Technologies (MBT), el líder mundial en químicos para la construcción. Gracias a este acuerdo, La empresa se convirtió en el representante exclusivo de sus productos en Perú, asegurando acceso permanente al soporte técnico y a los últimos avances de MBT. Dos años más tarde, en 1999, la empresa fortaleció su posición firmando otra alianza estratégica, esta vez con Synthetic Industries Inc. (actualmente PROPEX Concrete Systems), un referente mundial en el desarrollo y la fabricación de fibras de polipropileno, fibras metálicas y geotextiles.

Figura 1

Bloques y adoquines de concreto



Tomado de UNICON (2020)

Posicionamiento de la empresa en el sector

Desde su creación, La empresa no ha parado de crecer. Hoy, según la información de su propia página web, no solo se ha consolidado como la empresa líder en el mercado de concreto a nivel nacional, sino que también está mirando hacia el futuro con una meta muy clara: enfocarse en la sostenibilidad. Su objetivo estratégico es gestionar todas sus operaciones fortaleciendo continuamente este pilar, asegurando así un crecimiento responsable y duradero.

Sector y Actividad Económica

La empresa ofrece mucho más que solo productos. Cuenta con una amplia gama de soluciones diseñadas específicamente para adaptarse a cualquier tipo de proyecto de construcción. Lo más importante es que toda su producción se rige por

parámetros de construcción sostenible, demostrando un compromiso real con la protección del medio ambiente y su entorno.

Además, la empresa va más allá al brindar un valor agregado esencial para sus clientes. Esto incluye soporte técnico experto, asesoría constante y un riguroso control de calidad. También facilitan los procesos en obra con servicios especializados como el bombeo de concreto y la aplicación de shotcrete, ayudando así a reducir costos y a agilizar considerablemente el ritmo de la construcción.

Descripción de productos

Dentro de su estructura, la empresa opera a través de diversas Unidades de Negocio. Una de ellas es la Unidad de Negocio Bloques, que se encarga de dar vida a una amplia gama de productos en sus plantas especializadas. Allí fabrican adoquines y distintos tipos de bloques de concreto, jugando con variedad de formas, colores y texturas para ajustarse perfectamente a cada proyecto y requerimiento específico.

Tabla 1

Unidades de Negocio

Unidades de Negocio	
Concreto Premezclado	
UNICON Bombas	
UNICON Minería	
UNICON Agregados	
UNICON Prefabricados	

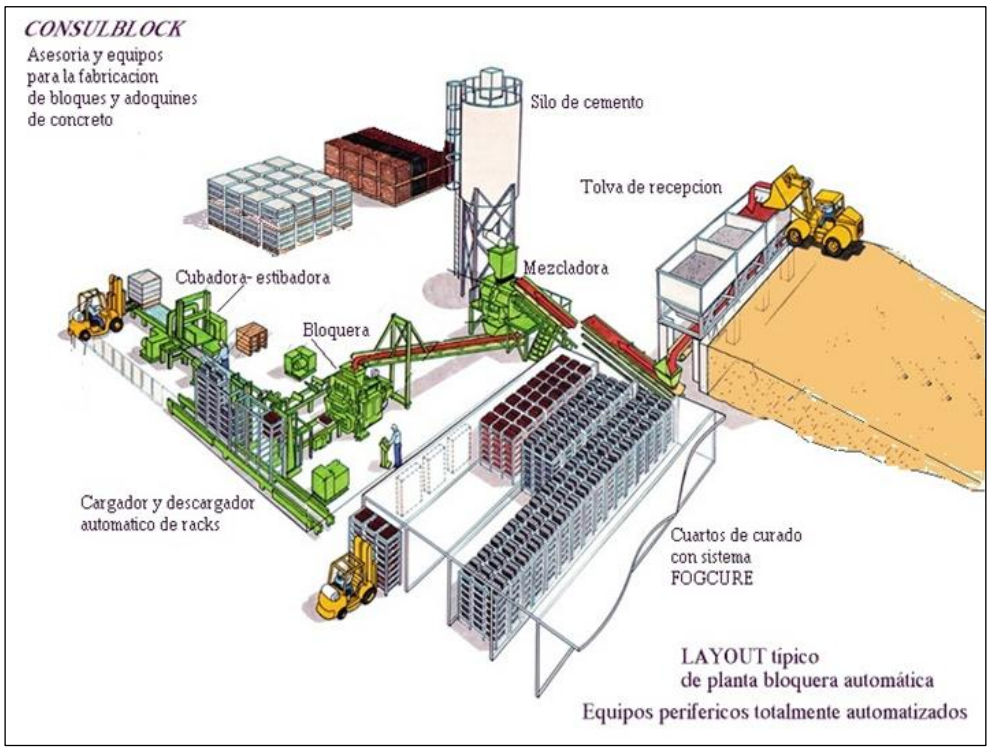
Tomado de UNICON

Descripción de planta de producción de bloques y adoquines

Las plantas de la empresa se distinguen por ser las más modernas en su tipo en todo el Perú. Para poder construirlas, instalarlas y equiparlas, se realizó una inversión considerable: se destinaron US$ 2.400.000 a la planta de Ancieta y una cifra aún mayor, US$ 10.000.000, a la planta de Cajamarquilla. Gracias a esta inversión, la capacidad de producción anual de estas instalaciones alcanzaba hasta los 50 millones de unidades entre los diferentes bloques y adoquines que fabricaban. Eran plantas verdaderamente modernas que no solo impulsaron el desarrollo del sector construcción, sino que también ofrecieron productos que añadían un valor significativo al concreto premezclado.

Figura 2

Layout típico de planta bloquetera automática



Tomado de Consulblock

Descripción de los principales productos:

En su Planta de Bloques, la empresa ofrece una amplia variedad de productos, los cuales se podían organizar de la siguiente tabla para facilitar su comprensión:

Tabla 2

Principales productos

Principales productos	
Adoquines de concreto: Son ideales para pavimentos peatonales como veredas, plazas, parques, boulevards y pavimentos vehiculares ligeros y pesados como estacionamientos y accesos, vías urbanas, patios de contenedores en puertos, etc.	
Bloques de concreto: Definido como unidad hueca o perforada para albañilería armada, que es el sistema constructivo en el cual el refuerzo de acero se coloca dentro de los alvéolos de los bloques.	
Otros: También existen otros productos como ladrillo King Concreto, Block Grass, Bovedilla de concreto, Block Mesa, entre otros.	

Tomado de UNICON

La empresa opera con una planta clave, ubicada en el distrito de Lurigancho y conocida como Planta Cajamarquilla. Esta instalación se destacaba por ser una de las más modernas de su tipo en todo el país.

Figura 3

Planta de UNICON en Lurigancho - Planta Cajamarquilla



Tomado de UNICON.

Figura 4

Planta de UNICON en Lurigancho - Planta Cajamarquilla



Tomado de UNICON

Figura 5

Planta de UNICON en Lurigancho - Planta Cajamarquilla



Tomado de UNICON

En base a los registros diarios, se determinó que, a pesar de su capacidad instalada, la empresa presentaba una baja eficiencia en su proceso productivo. Se detectaron varias causas detrás de este problema. Por un lado, se comprobó que hasta un 6% de los productos se rechazaba cada mes. Por otro lado, la producción se veía constantemente interrumpida por las paradas de máquina debido a desperfectos o al desgaste de los moldes. A esto se sumaba un problema logístico: el fabricante tardaba mucho en atender los pedidos de partes o accesorios de repuesto.

Dada esta situación, el objetivo principal que se planteó fue disminuir esa merma del 6% a un máximo del 2%, entendiendo que cualquier reducción por debajo del porcentaje actual sería considerada una mejora significativa en la producción de los bloques. Fue así que la investigación se enfocó en una pregunta crucial: ¿Cómo lograr la optimización de los procesos constructivos para disminuir el rechazo de

material? Para responder a este desafío, se propuso el diseño y la implementación de la metodología de Control de Procesos en todo el flujo productivo.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Determinación del problema

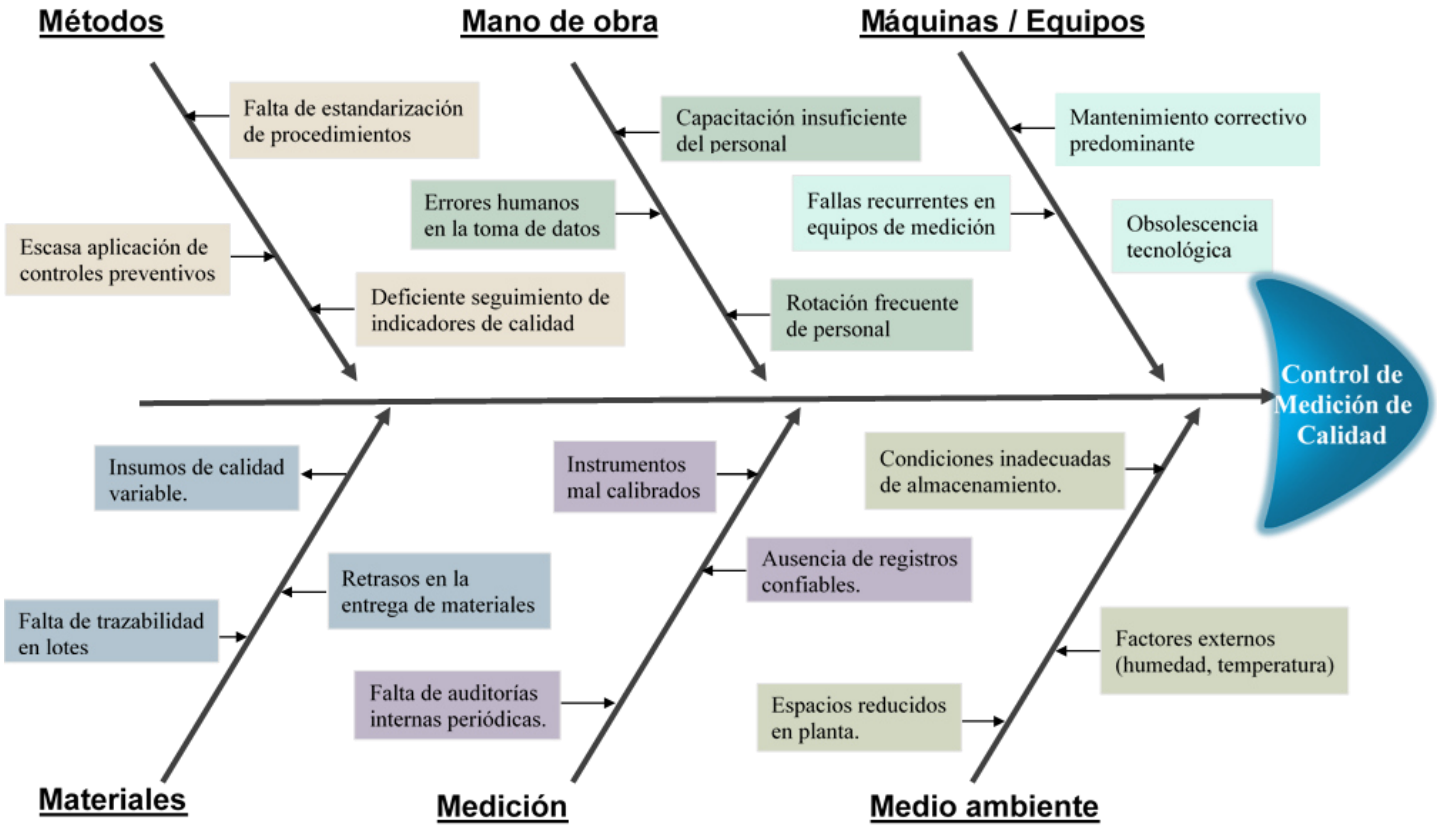
El mercado demanda cada vez mejores productos, entregados en el plazo de tiempo más reducido y con costos más reducidos. Los productos prefabricados de concreto facilitan la realización de trabajos más óptimos y de menor tiempo en su construcción, poniendo a disposición elementos con una mayor facilidad y velocidad de colocación en obra, ahorrando tiempo y recursos.

Esta empresa presenta problemas en su producción con respecto a sus moldes que determina su formato, por lo tanto, este trabajo busca solucionar esta deficiencia que involucra los moldes de producción y que en determinados lotes de producción se presentan deformaciones que luego son rechazados por los clientes.

En la figura 01, el diagrama de espina de pescado elaborado para el control de procesos CMQ identifica la variabilidad como el problema central. Entre las causas principales destacan métodos poco estandarizados, capacitación insuficiente del personal y alta rotación, uso de equipos obsoletos y fallas recurrentes, materiales de calidad variable, instrumentos de medición poco confiables y condiciones ambientales inadecuadas como humedad y falta de espacio. Esta representación visual facilita detectar relaciones causa-efecto y priorizar acciones de mejora en la gestión de calidad.

Figura 6

Diagrama de Ichikawa del Control de medición de Calidad



Nota: En el diagrama se muestra los defectos descritos en las causas de la producción de prefabricados.

Tomado: de los datos registrados de la producción.

En el análisis de Pareto 80/20 – Planta Bloques se obtuvo un resultado de la muestra aplicado a la matriz de control de procesos de la planta de bloques en Cajamarquilla (2023). El objetivo es identificar los procesos más críticos que concentran la mayor cantidad de controles y posibles incidencias, siguiendo el principio 80/20.

Se tomó como base la hoja 'Corregido' del archivo proporcionado. A partir de la frecuencia de control registrada (diario, semanal, cada 2 horas, etc.), se asignaron

valores numéricos estimados de ocurrencia. Posteriormente, se elaboró el diagrama de Pareto sumando las frecuencias por proceso y calculando el porcentaje acumulado.

Los resultados obtenidos evidencian que los procesos de Alimentación a cajón alimentador, Traslado en faja pivot y Zarandeo concentran más del 90% del total de las incidencias potenciales. Los demás procesos presentan una participación marginal.

Tabla 3

Resultados de la consolidación de incidencias para el análisis de Pareto

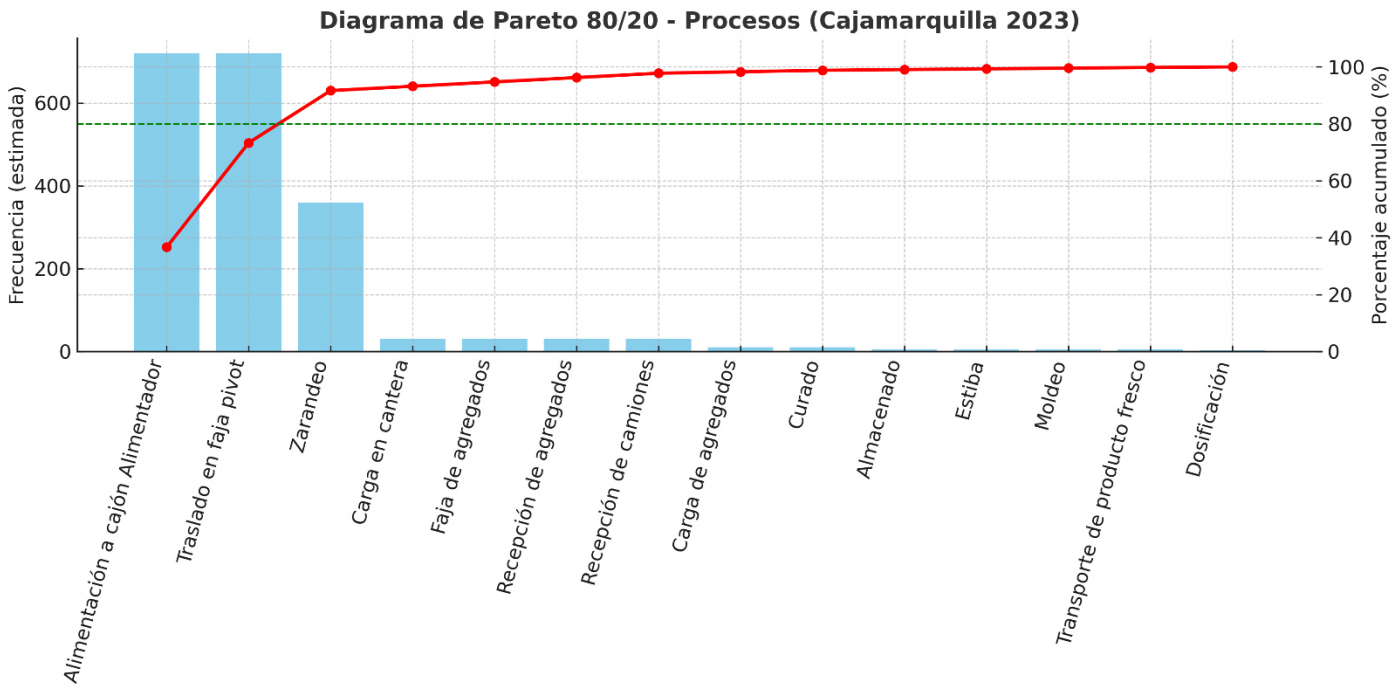
Proceso	Frecuencia (estimada)	Porcentaje (%)	Acumulado (%)
Alimentación a cajón Alimentador	720	36.66	36.66
Traslado en faja pivot	720	36.66	73.32
Zarandeo	360	18.33	91.65
Carga en cantera	30	1.53	93.18
Faja de agregados	30	1.53	94.70
Recepción de agregados	30	1.53	96.23
Recepción de camiones	30	1.53	97.76
Carga de agregados	10	0.51	98.27
Curado	10	0.51	98.78
Almacenado	5	0.25	99.03
Estiba	5	0.25	99.29
Moldeo	5	0.25	99.54
Transporte de producto fresco	5	0.25	99.80
Dosificación	4	0.20	100.00

Nota: la tabla registra información de frecuencias estimadas, porcentaje y el porcentaje acumulado para el análisis posterior 80/20.

Tomado: del informe de la Matriz de Control de Procesos

Figura 7

Diagrama de Pareto, muestra la concentración de incidencias según el principio 80/20



Nota: Los procesos de ***Alimentación a cajón alimentador*** y ***Traslado en faja pivot*** representan más del 70% del peso total, siendo prioritarios para el control y mejora. ***El proceso de Zarandeo complementa*** el análisis, alcanzando más del 90% acumulado. Se recomienda enfocar los recursos de supervisión, capacitación y mejora en estos tres procesos, dado que concentran la mayor criticidad. Los procesos restantes, aunque menos significativos, deben mantenerse bajo observación para evitar la aparición de riesgos no controlados.

1.2.2. Formulación del problema

PG: ¿En qué medida la ***gestión de procesos optimizará la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado*** en una empresa concretera de Lima?

1.2.3. Formulación de los problemas secundarios

PE1: ¿Cómo implementando BPM (Business Process Management), se diseñan *estándares de producción de prefabricados de concreto vibrocompactado*?

PE2: ¿Por qué el Sale and Operation Planning reduce los *problemas de calidad en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado*?

PE3: ¿De qué manera los KPI (Key Performance Indicator o Indicador clave de rendimiento) facilitan la evaluación de resultados y gestionar los diseños de los procesos e*n la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado*?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo principal

OP: Implementar la gestión de procesos para optimizar la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima.

1.3.2. Objetivos secundarios

OE1: Implementar el BPM (Business Process Management) para diseñar estándares de producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima.

OE2: Implementar el Sale and Operation Planning para reducir los problemas de calidad en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

OE3: Identificar los KPI (Key Performance Indicator o Indicador clave de rendimiento) para facilitar la evaluación de resultados y gestionar los diseños de los procesos e*n la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado*.

1.4. Importancia y alcance de la investigación

En constante crecimiento y expansión de la sociedad, y la construcción de viviendas cada vez más hacia arriba ganando espacio aéreo y pavimentando calles y veredas

de las ciudades, por lo tanto, la producción de bloques de concreto vibrocompactado adquiere mayor importancia por varias razones, los procesos de hoy buscan obtener bloques con características superiores que las hagan más adecuadas y resistentes en la construcción de viviendas, muros y otras estructuras.

Su alcance en sus usos se ha masificado, por la facilidad de trabajarlo en las obras civiles, como edificios de viviendas, muros de empresas, pavimentación de calles y otras.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Teórica

La optimización de la producción de bloques de concreto vibrocompactado en una empresa es fundamental para que se logren beneficios estratégicos, operativos y económicos que busquen diferenciarse significativamente y ser competitivos generando mayor rentabilidad en la empresa. Por lo tanto, la producción de bloques de concreto vibrocompactados para la empresa es clave ayudando a mejorar la eficiencia operativa, reduciendo costos, aumentando la calidad del producto, y fortaleciendo la competitividad en el mercado. También, contribuye a una mayor rentabilidad, sostenibilidad y capacidad de adaptación a las exigencias del mercado peruano, lo que permite a la empresa mantenerse competitiva en un entorno de construcción cada vez más exigente, buscando proteger sus inversiones.

1.5.2. Práctica

La producción de bloques de concreto vibrocompactado, radica en un mix de estrategias técnicas, operativas y económicas que contribuyen directamente a incrementar la eficiencia, calidad y rentabilidad de su producción. La empresa tiene por objetivo mejorar la eficiencia operativa, reducir costos, garantizar una alta calidad

del producto, y garantizar la capacidad de producción. Esto no solo permite a la empresa ser más competitiva en el mercado, también busca aumentar su rentabilidad, cumplir con normativas y estándares de calidad, y operar de manera más sostenible y que la empresa se adapte rápidamente a las exigencias del mercado que requiere bloques con características especiales con mejor aislamiento térmico o acústico y sobre todo la resistencia a los cambios bruscos del clima.

1.5.3. Metodológica

Se establecerá una organización estructurada que integre los procesos, las funciones asignadas, los procedimientos y técnicas necesarias, con el fin de identificar desviaciones y corregir errores. La mezcla se moldea, compacta y se somete a vibrocompactación, los cuales garantizan la obtención de calidad y uniformidad en acabado. Las unidades de concreto o bloques deben poseer propiedades y características físicas, según sus requerimientos dimensionales, y contar con las tolerancias de producción además de la resistencia, a la absorción, al contenido de humedad, etc.

En este sentido, el estudio se desarrolla a través de una secuencia estructurada. En primer lugar, se realiza una etapa de diagnóstico, donde se analiza la situación actual del proceso productivo, identificando deficiencias como mermas, tiempos improductivos y fallas operativas. Para ello, se emplean herramientas como el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto, que permiten determinar las causas raíz de los problemas.

Posteriormente, se ejecuta una etapa de planificación, en la cual se diseñan acciones de mejora basadas en la estandarización de procesos, aplicando BPM (business Process Management), Planificación de Operaciones y Ventas, y el

establecimiento de indicadores de desempeño (KPI). Seguidamente, se implementan dichas mejoras en el entorno real de la empresa.

1.6. Delimitación de la investigación

1.6.1. Espacial

El presente trabajo de investigación se ha realizado en la planta de Huachipa-Lima, donde se fabrican los bloques de concreto en sus diferentes formatos requeridos por el mercado peruano.

1.6.2. Temporal

En este milenio, donde los cambios climáticos, han ocasionados desastres como huaycos, lluvias torrenciales, altas temperaturas, donde las empresas deben cumplir con una serie de requisitos para ofrecer servicios de calidad, es esencial disponer de las herramientas adecuadas que faciliten alcanzar los niveles exigidos por los clientes. Esta investigación se centrará en analizar las herramientas para optimizar la producción y garantizar la calidad implementadas por la empresa y estudiadas durante parte del año 2023 y 2024.

1.6.3. Conceptual

La optimización de la producción de bloques de concreto vibrocompactados se centra en incrementar la eficiencia en la producción, mejorar la calidad de unidades producidas, reducir los costos operativos, incrementar la capacidad de producción reduciendo defectos de producción, mayor rendimiento de la inversión, cumpliendo con los estándares de calidad y regulaciones estandarizadas, fortalecer la sostenibilidad y menor impacto ambiental, adaptarse al mercado. Para cualquier empresa, la única manera de seguir siendo competitiva es comprometerse de manera

firme con la calidad. Esta investigación se enfocará en las diversas herramientas de control de calidad aplicables a los procesos mencionados previamente.

1.7. Limitaciones de la investigación

La producción continua y el trabajo no coordinado impiden realizar trabajos de laboratorio con mayor amplitud en temas de tiempo, mucho imperan el criterio de la experiencia que conlleva a la producción sin cumplir las normas técnicas deseadas, provocando rechazos de los lotes producidos por la empresa es por ello que el trabajo se centra de implementar procesos estándares que garanticen la producción sin rechazos, todo ello se tendrá en bases a trabajo en equipo y participación de la gerencia que busque que los responsables busquen alternativas de servicio de terceros en la producción de los moldes de producción que son los grandes problemas en la producción sin errores.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

En este capítulo se revisarán los principales antecedentes de estudio que tomaron como solución la implementación de procedimiento de gestión de procesos para optimizar la producción de bloques de concreto vibrocompactados, además se revisará las bases teóricas que orientan en la correcta ejecución de la metodología de mejora continua y se definirá el glosario de palabras técnicas en la investigación.

2.2. Antecedentes del estudio

Tesis

Tesis Internacionales:

a) Guevara (2014), en su tesis “El posicionamiento de los productos prefabricados Santa Elena para satisfacer las necesidades de los contratistas en la provincia de Tungurahua” plantea que La productividad se define como la relación entre los productos terminados y los recursos utilizados o los factores de producción que intervinieron, en otras palabras, busca lograr una mayor producción con los mismos recursos o producir lo mismo utilizando menos materias primas. Además, el objetivo de su investigación es aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación universitaria en la empresa **"PREFABRICADOS SANTA ELENA",** con el fin de implementar la gestión de procesos en él funcionamiento de una organización productiva y proponer mejoras mediante un plan de producción y gestión de operaciones, que sirvan como herramienta para satisfacer las diversas demandas y necesidades de la sociedad.
b) Mena (2007), en su tesis “Optimización del montaje de estructuras prefabricadas de concreto” manifiesta que optimizar el montaje de estructuras prefabricadas de concreto puede parecer algo evidente en algunos casos, pero en realidad son

pautas que a menudo se pasan por alto, ya que tendemos a suponer que las personas involucradas son conscientes de cómo deben llevarse a cabo y que se resolverán en su debido momento. Plantea que la planificación adecuada en los procesos de montaje es vital a fin de realizar menos maniobras de montajes y además se debe de reasignar los recursos en actividades que son prioritarios en materia de producción y calidad adecuada según las exigencias de los clientes.

c) Gamboa (2022) en sus tesis “Estudio de mampuestos a base de la reutilización de desechos producto de demoliciones encontrados en los diferentes botaderos del cantón Ambato, provincia de Tungurahua” plantea el uso de desechos de concreto producto de las demoliciones y que van a parar a ríos y rellenos sanitarios En su investigación de producción de mampuestos, se concluyó que, tras realizar los ensayos de compresión, impacto y absorción, todos los mampuestos evaluados alcanzaron su resistencia máxima a los 28 días de su fabricación, logrando en ese momento sus valores más altos. Asimismo, se determinó que los mampuestos fabricados con la sustitución total o parcial del chasqui por material reciclado y triturado superaron una resistencia de 4 MPa, cumpliendo con el valor mínimo exigido por la norma NTE INEN 3066 para mampostería no estructural. En particular, el reemplazo total del chasqui por material reciclado alcanzó el valor máximo de resistencia, con 8,11 MPa a los 28 días. Por otro lado, los mampuestos comerciales disponibles en el mercado no lograron cumplir con el valor mínimo requerido, presentando una resistencia de 3,78 MPa.

d) Chinome (2022) en su tesis “Modelo para especificar, ejecutar y controlar la impermeabilización de cubiertas en concreto reforzado de tipo plana construidas en la ciudad de Bogotá” expresa que disminuir la permeabilidad del concreto que forma parte de la cubierta es una medida útil para reducir el riesgo de filtraciones;

sin embargo, este enfoque funciona como un sistema complementario y no debe considerarse la única solución para garantizar la estanqueidad. Por lo que es fundamental aplicar un recubrimiento impermeable sobre la superficie, que asumirá la mayor responsabilidad en asegurar la estanqueidad. Sea el proyecto que sea se debe de establecer criterios de aceptación que resultan esenciales para garantizar su ejecución satisfactoria. El plan de inspección y ensayos para proyectos de impermeabilización de cubiertas planas constituye una herramienta técnica que permite a los profesionales de la construcción evaluar la efectividad del sistema impermeabilizante antes de su puesta en operación.

e) Santa Cruz y Velastegui (2018), em su tesis “Determinación de dosificación para elaborar bloques huecos de hormigón que cumplan con la actual norma INEN 3066” determinaron que se lograron determinar las dosificaciones, tanto en peso como en volumen, necesarias para la elaboración de los bloques tipo A, B y C. Sin embargo, en el caso del bloque tipo A, se cumple únicamente el requisito de resistencia mínima individual por bloque, pero no el promedio requerido. Esto se debe a que un mayor contenido de cemento dificulta la trabajabilidad de la mezcla. Además, se analizaron las propiedades físicas y mecánicas de los otros tres agregados livianos (chasqui fino, chasqui grueso y polvo). Los resultados mostraron que las variaciones entre materiales de distintos lugares son mínimas, lo que permitió realizar las dosificaciones utilizando un solo material, ya que los resultados obtenidos fueron prácticamente iguales. Para el diseño de mezclas, se aplicó la metodología ACI 211.2, empleando el método 2 (mezclas de prueba). Este enfoque se adaptó a las características de los tres agregados livianos, obteniéndose una gráfica que relaciona el contenido de cemento requerido, en función del volumen del agregado, con la resistencia especificada.

Tesis Nacionales

a) Montoya (2019), en su tesis “Optimización en la producción de la planta de elementos prefabricados de concreto AB proveedores, implementada para el caso específico de cajas de concreto del estándar 30x40x70 cm con grado de resistencia 175 kg/cm2” plantea que optimizar es lograr la mejora significativa tanto en calidad y obtener una mezcla homogenizada por el rediseño del vibrador unidireccional, mejoraron el diseño del sistema hidráulico de compactación, implementaron el proceso de control de calidad de los prefabricados el uso de protocolos antes y después de la fabricación de los bloques, mejorando los costos por una dosificación adecuada del cemento y agregados, se capacitó a tres técnicos para la manipulación de sistema hidráulico de compactación también implementaron la fabricación continua, obteniéndose buenos resultados de producción.

b) Gutiérrez (2016), en su tesis “Plan estratégico de INGENIERÍA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO SAC. 2016 al 2018” sostiene que el mercado de prefabricados de concreto presenta un alto potencial gracias a las ventajas que ofrece este tipo de productos: costos más bajos de fabricación e instalación, reducción en los tiempos de construcción, mayor eficiencia en los procesos constructivos, garantía de calidad y buen acabado, además de contribuir a la disminución del impacto ambiental. Por estas razones, se considera una industria de grandes perspectivas en su crecimiento. INGPRECON opera en un mercado altamente sensible al precio, por lo que debe mantener estrategias competitivas basadas en el enfoque de costos. Esto implica priorizar la eficiencia operativa, considerando aspectos como costo, tiempo, calidad y seguridad, con el objetivo de

un crecimiento sostenible que la empresa tiene como visión. Asimismo, INGPRECON debe continuar generando valor compartido en las localidades donde produce y distribuye sus productos, a través de iniciativas como el programa "Escuela de Operarios". Este programa tiene como objeto beneficiar a la comunidad mediante la capacitación de los habitantes locales cuya labor es la construcción civil, mediante la inclusión al mercado competido, y a INGPRECON al asegurar el acceso a una mano de obra calificada.

c) Pérez y Soplin (2022) en su tesis “Propuesta de aplicación de elementos prefabricados de concreto armado para mejorar la productividad en la construcción de edificios multifamiliares en Lima” recomienda que La implementación de un sistema basado en elementos prefabricados incrementó la productividad en relación con el costo total del proyecto, logrando una reducción significativa en los gastos de construcción. En términos de tiempo, este sistema también aumentó la productividad, permitiendo acortar el plazo de ejecución de las obras. En cuanto a las horas-hombre, la productividad mejoró debido a la menor necesidad de mano de obra directa en un proceso de construcción industrializada. Sin embargo, se observó una disminución de la productividad en las horas-máquina, ya que estas representan la mayor inversión en la edificación con elementos prefabricados.

d) Curasi (2018) en su tesis “Planificación de la capacidad para la optimización de los procesos de producción en la planta agregados Oropesa-Concretos Supermix S.A. - Cusco 2018” concluye en primer lugar que, aunque actualmente la empresa Concretos Supermix S.A. no desarrolla una planificación de capacidad ni optimiza sus procesos de producción, se puede afirmar que implementar una planificación de capacidad contribuiría positivamente a mejorar los procesos productivos en la planta de agregados. Esto permitiría alcanzar tanto la capacidad proyectada como

la capacidad efectiva de cada equipo y máquina, logrando un balance adecuado en cada área o puesto de trabajo mediante la planificación, ejecución, verificación y acción correctiva. En segundo lugar, plantea que la empresa necesita establecer un plan maestro de producción para optimizar la planificación de los requerimientos de materias primas en la planta, esto se traduce en la emisión de órdenes de compra y fabricación de agregados, garantizando la disponibilidad y continuidad de contar con materiales necesarios para satisfacer las necesidades de sus clientes internos y externos. En tercer lugar, el área administrativa de operaciones requiere implementar un sistema de control para supervisar y mejorar las actividades de producción en la planta. Esto incluye la elaboración de DOP y DAP para optimizar los procesos en cada área y puesto de trabajo.

e) Azang (2017), en su tesis “Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño "práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)" y técnicas de diseño "VITERVO A. O'REILLY DÍAZ" expresa la importancia de utilizar agregados de origen marino y de naturaleza caliza, que se obtiene de la cantera denominada Cerro Tioyacu en Rioja-San Martín, que la provee la empresa CEMENTOS SELVA. También recomienda Incorporar en nuestra sociedad estas nuevas metodologías para seleccionar los componentes que conforman la masa del concreto, las cuales no se basan únicamente en los principios tradicionales de granulometría de los agregados ni limitan su uso por la presencia de partículas con formas inadecuadas. En cambio, se enfocan en la exigencia de los ensayos necesarios para determinar la combinación óptima de los agregados, la cantidad de agua requerida para alcanzar la consistencia deseada y las características de forma de los agregados utilizados en la mezcla de concreto.

Artículos de Investigación

Papers Internacionales:

a. Hincapié y Montoya (2005) en su artículo de investigación “La microestructura de los prefabricados de concreto” destaca que el concreto seco vibro-compactado es una combinación de cemento Portland, agregados, agua y, en algunos casos, aditivos y adiciones. Según la literatura, la relación agua/cemento (A/C) para este tipo de concreto puede ser inferior a 0,4 (Paakkinen, 1986); sin embargo, esto no siempre es preciso, ya que la cantidad de agua en la mezcla depende de la superficie específica de los agregados. La formación del concreto seco vibro-compactado se logra sometiendo la mezcla a vibración mecánica y presión, lo que obliga a las partículas a acomodarse dentro del molde. Por esta razón, la mezcla debe ser lo suficientemente firme para facilitar su consolidación y desmoldeo, pero también debe tener suficiente humedad para asegurar una adecuada distribución de la pasta de cemento a través de la masa durante las etapas de mezclado y vibrado. La manejabilidad de estas mezclas generalmente se controla ajustando la cantidad de agua o la proporción de pasta de cemento.
b. Construyendo Mejor (2016), en el artículo “ABC para la fabricación de bloques, losas canal y mosaicos” este manual técnico sobre la fabricación de bloques de hormigón tiene como objetivo recopilar de manera concisa la información esencial para la capacitación del personal responsable de producir este producto en las microempresas de los municipios de Baracoa, Maisí, San Antonio del Sur e Imías. Estos municipios se benefician del proyecto implementado por el PNUD, con financiamiento de la Federación de Rusia, que está dirigido a apoyar la producción local de materiales de construcción tras el paso del huracán Matthew en la provincia de Guantánamo.

c. Construcción y Tecnología (2006), en su artículo “Las posibilidades del concreto” menciona que parte de los agregados utilizados para fabricar bloques de peso normal incluyen principalmente arena, grava y piedra triturada. Los dos primeros pueden ser de origen natural o producirse mediante trituración en la fuente de abastecimiento. Por otro lado, los agregados empleados en la fabricación de bloques ligeros comprenden pizarra expandida y quemada, arcilla, escoria de altos hornos, cenizas volantes de carbón mineral (fly ash), cenizas de carbón natural y materiales naturales como la piedra pómez, toba y escoria, los cuales se mezclan con arena.

d. Chen, Yan, Tai y Chang (2017), en su artículo “Optimizing profits for precast concrete production and logistic” La gestión de la cadena de suministro de la producción y construcción de prefabricados tiene como objetivo resolver problemas como la programación de la producción, el espacio de manipulación, el ajuste de los recursos de producción en respuesta a los requisitos o la provisión de recursos de producción fijos que minimicen el tiempo de finalización del proyecto. Para satisfacer las diversas restricciones, el énfasis está en comprimir el cronograma con recursos limitados, utilizando un enfoque de línea de producción o una revisión de la estrategia de optimización por parte de todo el equipo. Sin embargo, solo se han realizado pocas investigaciones sobre la planificación de la producción de prefabricados y la toma de decisiones óptimas para el almacenamiento y el transporte. Para mejorar la productividad y el rendimiento generales de las plantas de hormigón prefabricado, este estudio analiza proyectos del mundo real y sus limitaciones, como sus costos de producción, plazos de entrega, área de patio de almacenamiento, recursos de maquinaria y moldes y mano de obra de construcción. Mediante el uso de computadoras y la aplicación

de la teoría de programación matemática, proponemos desarrollar un modelo óptimo para la producción, el almacenamiento y el transporte de prefabricados que satisfaga los requisitos variables del sitio del proyecto, los recursos de suministro y producción y los recursos de espacio de almacenamiento con el objetivo explícito de minimizar el costo de producción para la empresa y maximizar las ganancias. Este estudio puede entonces servir como una herramienta práctica para optimizar la planificación de la producción, la asignación de sitios de almacenamiento y transporte de componentes prefabricados, así como para realizar ajustes oportunos para el proyecto contratado.

e. Pérez, Meireles, Fuentes, Peña y Alonso (2022) en su artículo “Empleo de adoquines de concreto en la construcción de pavimentos” expresa la importancia del uso de nuevas tecnologías en la pavimentación representa un desafío para los ingenieros viales a nivel global, especialmente en lo que respecta a los pavimentos de adoquines de concreto. Este sistema se basa en elementos prefabricados que llegan listos para ser instalados en la obra, lo que permite un acabado rápido sin necesidad de procesos térmicos, químicos ni períodos de espera. Es una de las soluciones más económicas, prácticas, duraderas, estéticamente atractivas y seguras para los pavimentos. El objetivo de este artículo es analizar el estado actual del uso de adoquines en la construcción de pavimentos. Para ello, se lleva a cabo una revisión detallada de la literatura especializada en el tema, obtenida de bases de datos de alto impacto y estudios académicos a diversos niveles. Entre sus principales resultados, el artículo presenta las definiciones de adoquines de concreto según diversos autores, su clasificación, la justificación de su uso y las ventajas que ofrece para la infraestructura vial.

Papers Nacionales

a. Neyra, Cabanillas y Noriega (2022), en su artículo de investigación “Optimización del diseño de una columna de concreto armado mediante el algoritmo de SIMULATED ANNEALING, PERÚ” destaca que el problema de optimización fue abordado utilizando tecnología de última generación para determinar los valores más eficientes, logrando que las columnas analizadas alcancen una resistencia óptima, un costo total mínimo y un tiempo de cálculo significativamente menor en comparación con el diseño tradicional. En esta investigación, se evaluaron columnas centrales. Mediante el algoritmo desarrollado, se identificaron los mejores valores para la base, altura, resistencia del concreto y cuantía, considerando únicamente el área tributaria como dato inicial. Además, el algoritmo proporcionó el costo total de la columna en un tiempo reducido. Como caso práctico, se analizó una columna con un área tributaria de 42 toneladas, y el algoritmo sugirió como opción más eficiente una columna de 0.25 m x 0.25 m, con una resistencia al concreto de 210 kg/cm² y equipada con 4 barras longitudinales de 5/8”. Estos parámetros cumplen con los estándares normativos, incluyendo una cuantía del 1.2% y un costo de S/. 197.00. Así, se logró un diseño eficiente y económico.
b. Perú Construye (2018), en su artículo “Piezas tecnológicas que optimizan la construcción” destaca que el sector cuenta con una amplia variedad de elementos prefabricados que facilitan la construcción tanto de edificaciones completas como de obras de infraestructura. Estos elementos ofrecen numerosas ventajas, entre las que destacan su versatilidad, funcionalidad y rapidez de instalación, además de su economía, estética, durabilidad y practicidad.

c. SENCICO (2024), en su artículo “Sistemas constructivos no convencionales vigentes” destaca los usos en el sector construcción de las losas aligeradas con viguetas prefabricados de acero vigacero.
d. Sotomayor (2020) en su artículo de técnico “Entendiendo a las fisuras y grietas en las estructuras de concreto” describe a las fisuras y grietas en las estructuras deben ser analizadas y tratadas de manera oportuna para garantizar tanto las condiciones de servicio como la durabilidad de las estructuras de concreto armado. Su aparición, ya sea durante la construcción o después de ella, suele ser parte del comportamiento habitual del concreto en la mayoría de los casos. Sin embargo, es fundamental implementar medidas de mitigación desde la etapa de diseño y durante el proceso constructivo. Además, a través de estudios de vulnerabilidad y patología, es necesario identificar las causas, los orígenes, la relevancia y las técnicas más adecuadas para su reparación, asegurando así la funcionalidad de las estructuras y la seguridad de sus usuarios.
e. Molina, Lara, Sánchez (2023) en su artículo “Desarrollo de bloques de concreto liviano utilizando residuos de construcción y demolición, y cenizas de termoeléctrica” sostienen que los residuos de construcción y demolición generadas por proyectos civiles, generan gran impacto ambiental con respecto a la contaminación. En su estudio proponen fabricar bloques de concreto con RCD y ceniza termoeléctrica en Cúcuta, buscando promover sostenibilidad, economía circular y reducción de desechos en Colombia y en toda Latinoamérica.

2.3. Bases teóricas

a) Conceptualización de Gestión por procesos

- Según la Universidad de Cantabria (2016) en su libro Manual de Gestión de Procesos lo define como “Gestión por Procesos es la forma de gestionar toda la organización basándose en Procesos, entendiendo estos como un conjunto de recursos y actividades interrelacionadas que transforman elementos de entrada en elementos de salida, con valor añadido para el cliente” (p. 05).
- Bravo (2009) lo define como “La gestión de procesos es una forma sistémica de identificar, comprender y aumentar el valor agregado de los procesos de la empresa para cumplir con la estrategia del negocio y elevar el nivel de satisfacción de los clientes” (p. 21).
- Gómez I. et al (2020). Lo define como una “Sucesión de actividades interdependientes que buscan la consecución de un resultado orientado a un cliente interno o externo, en la que se agrega valor a un insumo y contribuye a la satisfacción de una necesidad manifestada por los clientes” (p. 19).

- Krajewsky L. (2008). define al Proceso como “Cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes” (p. 04).

b) Conceptualización de Optimizar

- Jiménez G. define la optimización de esta manera “Se considera como la búsqueda de la mejor solución (solución óptima) de un problema. El término mejor aquí, depende del contexto en el que se trabaje, podría significar solución que minimiza los costos, o maximiza los beneficios, etc.” (p. 49)

c) Conceptualización de Producción

- Caba, Chamorro y Fontalvo (2011) define a la producción como: “La producción consiste en una secuencia de operaciones que transforman los materiales haciendo que pasen de una forma dada a otra que se desea obtener” (p. 03).
- Render y Heizer (2007) define a la producción como “La creación de bienes y servicios” (p. 04).

d) Conceptualización Prefabricados de concreto

- Los prefabricados de concreto son materiales de construcción que se obtiene del mezclado, vaciado y curado del concreto en moldes estandarizados y según requerimientos de los clientes y reusables de determinada geometría bajo condiciones ambientales controladas y normalizadas según geografía.

e) Conceptualización Vibrocompactador

- Son máquinas y equipos cuya característica es de transmitir esfuerzos o fuerzas de compactación en los terrenos mediante efectos de vibración de una masa, que puede ser por medios cilíndricos o bien en bloques.

f) Conceptualización Empresa concretera

- Son empresas especializadas en proveer concreto premezclado para obras, que fabrican adoquines, bloques y ladrillos de concreto. Las plantas de producción cuentan con laboratorios y altos controles de calidad.

2.4. Definición de Términos

a) Planificación de producción

- La planificación de la producción consiste en decidir de manera anticipada qué producir, en qué cantidad y cuándo hacerlo, organizando recursos, tiempos y

capacidades para satisfacer la demanda eficientemente y evitar desperdicios en el sistema productivo (Heizer & Render, 2014).

- La planificación de la producción implica coordinar actividades, recursos y tiempos para transformar insumos en productos terminados de forma ordenada, asegurando que la empresa cumpla sus objetivos operativos, calidad y responda de manera flexible a las necesidades del mercado (Slack et al., 2010).
- La planificación de la producción es el proceso mediante el cual una organización establece cómo se utilizarán sus recursos productivos en el tiempo, buscando equilibrar la demanda con la capacidad disponible para lograr eficiencia, continuidad operativa y cumplimiento de pedidos (Chase et al., 2009).

b) Estándares de producción

- Los estándares de producción representan tiempos y métodos definidos científicamente para realizar una tarea, permitiendo que los trabajadores ejecuten sus actividades con eficiencia, uniformidad y control, reduciendo variaciones y mejorando el rendimiento general del sistema productivo (Taylor, 1911).
- Los estándares de producción son parámetros establecidos que indican el tiempo y la forma correcta de ejecutar una operación, sirviendo como guía para optimizar recursos, medir desempeño y garantizar consistencia en los procesos industriales (Barnes, 1980).
- Los estándares de producción constituyen valores de referencia que determinan cuánto tiempo debe tomar una tarea bajo condiciones normales,

facilitando la planificación, el control y la mejora continua de la productividad en las operaciones (Niebel & Freivalds, 2009).

c) Sale and Operation Planning

- El Sales and Operations Planning es un proceso colaborativo donde la empresa alinea ventas, operaciones y finanzas para tomar decisiones integradas, equilibrando oferta y demanda, anticipando escenarios y asegurando que todos trabajen hacia objetivos comunes de negocio (Wallace & Stahl, 2008).
- El S&OP es un proceso de planificación que integra información de la demanda y la capacidad productiva para coordinar decisiones estratégicas y tácticas, permitiendo a la organización responder eficientemente al mercado y optimizar el desempeño de la cadena de suministro (Chopra & Meindl, 2016).
- El Sales and Operations Planning consiste en sincronizar la planificación de la demanda con las operaciones, facilitando decisiones periódicas que equilibran recursos, inventarios y niveles de servicio, mejorando la rentabilidad y la capacidad de adaptación frente a la variabilidad del entorno (Simchi-Levi et al., 2008).

d) Problemas de calidad

- Los problemas de calidad surgen cuando un producto o proceso no cumple con las necesidades del cliente, evidenciando fallas en la planificación, control o mejora, lo que genera insatisfacción, costos adicionales y pérdida de valor en la organización (Juran & Godfrey, 1999).
- Los problemas de calidad son el resultado de variaciones no controladas en los procesos, originadas principalmente en el sistema de gestión, que afectan la

consistencia del producto y requieren un enfoque estadístico y sistémico para su identificación y mejora continua (Deming, 1986).

- Los problemas de calidad representan desviaciones respecto a los requisitos establecidos, que ocurren cuando no se hacen bien las cosas desde la primera vez, generando reprocesos, desperdicios y costos evitables que impactan directamente en la eficiencia organizacional (Crosby, 1979).

e) Key Performance Indicator

- Los indicadores clave de desempeño son medidas cuantificables que permiten evaluar si una organización está logrando sus objetivos estratégicos, facilitando el seguimiento continuo, la toma de decisiones informadas y la alineación de esfuerzos hacia resultados concretos y sostenibles (Kaplan & Norton, 1996).
- Un KPI es una métrica crítica que refleja el desempeño de los factores más importantes de una organización, ayudando a los equipos a enfocarse en lo esencial, mejorar resultados y actuar oportunamente para alcanzar metas estratégicas y operativas (Parmenter, 2015).
- Los KPI son herramientas de medición que muestran de manera clara el progreso de una organización hacia sus objetivos, permitiendo identificar desviaciones, mejorar procesos y tomar decisiones basadas en datos para optimizar el rendimiento global del negocio (Marr, 2012).

f) Evaluación de resultados

- La evaluación de resultados es un proceso sistemático que analiza los efectos reales de una intervención, permitiendo comprender si se lograron los objetivos propuestos y generar aprendizajes útiles para mejorar decisiones y acciones futuras en contextos organizacionales o sociales (Patton, 2008).

- La evaluación de resultados consiste en comparar lo que una organización planificó con lo que realmente logró, identificando desviaciones, aprendizajes y oportunidades de mejora, con el fin de asegurar la efectividad, la eficiencia y el cumplimiento de los objetivos establecidos (Drucker, 2004).
- La evaluación de resultados es la fase que examina los logros alcanzados tras la implementación de un programa, valorando su impacto y utilidad para determinar si las acciones realizadas han sido efectivas y si deben mantenerse, ajustarse o replantearse (Stufflebeam & Shinkfield, 2007).

g) Procesos de producción

- Los procesos de producción son el conjunto de actividades organizadas que transforman insumos en bienes o servicios, coordinando recursos, tecnología y personas para generar valor, asegurar calidad y responder de manera eficiente a las necesidades del mercado (Slack et al., 2010).
- Los procesos de producción comprenden las operaciones mediante las cuales una empresa convierte materias primas en productos terminados, utilizando métodos planificados que buscan optimizar costos, tiempos y calidad, garantizando el cumplimiento de la demanda y la eficiencia del sistema productivo (Heizer & Render, 2014).
- Los procesos de producción son sistemas estructurados de actividades que integran recursos humanos, materiales y tecnológicos para crear bienes o servicios, asegurando continuidad operativa, control de resultados y adaptación a las condiciones cambiantes del entorno competitivo (Chase et al., 2009).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis principal

HP: La gestión de procesos optimizará la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima.

3.1.2. Hipótesis secundarias

HS1: La Planificación favorece con el fin de establecer estándares de producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

HS2: Sale and Operation Planning reduce los problemas de calidad en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

HS3: Los **KPI (Key Performance Indicator o Indicador clave de rendimiento)** facilitan la evaluación de resultados y gestionan los diseños de los procesos en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

3.2. Variables

Las variables identificadas en el planteamiento del problema en el presente trabajo de investigación son:

- **Variable Independiente**: La Gestión de Procesos,
- **Variable dependiente:** Optimizar la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

3.3. Operacionalización de las variables

La matriz operacional de la variable permite construir con tenacidad y rigor científico mostrando en cada columna o fila las variables, las dimensiones, los indicadores y los ítems, como se muestra en la tabla 01.

Tabla 4

Operacionalización de las Variables y Dimensiones

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES
La gestión de procesos	Variable Independiente	Planificación
		Sale and Operation Planning
		Key Performance Indicator o Indicador Clave de Rendimiento
Optimizar la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado	Variable Dependiente	Estándares de producción de prefabricados de concreto vibrocompactado
		Problemas de calidad en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado
		Evaluación de resultados y gestionar los diseños de los procesos en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

Nota. Esta tabla muestra las variables y dimensiones tanto independientes y dependientes.

Tabla 5

Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				DISEÑO METODOLÓGICO
			VARIABLES		INDICADORES	INDICE	
Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis General**					
¿En qué medida la gestión de procesos optimizará la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima?	Implementar la gestión de procesos para optimizar la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima	La gestión de procesos optimizará la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima.	VI	Gestión de procesos	Nivel de cumplimiento de procesos estandarizados	(N° de procesos estandarizados implementados / N° total de procesos críticos) × 100	**Tipo de Investigación:** Aplicada **Enfoque:** Cuantitativo **Diseño de Investigación:** No experimental **Nivel de Investigación:** Explicativo Causal. **La unidad de análisis:** Ordenes de producción. **Población:** 17 O.P **Muestra:** 17 O.P. **Técnica:** Procesamiento de datos con estadísticos **Instrumento**: Base de datos de la empresa de 4 meses.
					Eficiencia de ejecución de procesos	(Tiempo real de ejecución / Tiempo planificado) × 100	
			VD	optimizar la producción	Productividad de la línea de producción	(Unidades producidas / Horas-hombre trabajadas)	
					Tasa de utilización de la capacidad instalada	(Producción real / Capacidad máxima) × 100	
Problemas Específicos	**Objetivos Específicos**	**Hipótesis Especificas**		**Dimensiones**			
¿Cómo favorece la Planificación, para establecer estándares de producción de prefabricados de concreto vibrocompactado?	Evaluar en que grado favorece la Planificación para establecer estándares de producción de prefabricados de concreto vibrocompactado	La Planificación favorece con el fin de establecer estándares de producción de prefabricados de concreto vibrocompactado	DI	Planificación	Cumplimiento del plan maestro de producción (PMP)	(Órdenes cumplidas según el PMP / Órdenes totales programadas) × 100	
					Nivel de ajuste del plan de producción	(N° de reprogramaciones / N° total de planes emitidos) × 100	
			DD	Estándares de producción	Cumplimiento de estándares de calidad	(Productos que cumplen estándares / Total de productos inspeccionados) × 100	
					Eficiencia en la adopción de estándares	(Procesos con estándares aplicados / Total de procesos productivos) × 100	
¿Por qué el Sale and Operation Planning reduce los problemas de calidad en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado?	Implementar el Sale and Operation Planning para reducir los problemas de calidad en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.	Sale and Operation Planning reduce los problemas de calidad en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.	DI	S&OP	Nivel de alineación entre ventas y producción	(Producción planificada / Demanda pronosticada) × 100	
					Cumplimiento del plan S&OP mensual	(Órdenes entregadas según S&OP / Órdenes planificadas) × 100	
			DD	Problemas de calidad	Índice de defectos en producción	(Unidades defectuosas / Total de unidades producidas) × 100	
					Costos de no calidad	(Costos por retrabajo + desperdicio) / Ventas totales × 100	
¿De qué manera los KPI (Key Performance Indicator o Indicador clave de rendimiento) facilitan la evaluación de resultados y gestionar los diseños de los procesos en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado?	Determinar los KPI (Key Performance Indicator o Indicador clave de rendimiento) para facilitar la evaluación de resultados y gestionar los diseños de los procesos en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.	Los KPI (Key Performance Indicator o Indicador clave de rendimiento) facilitan la evaluación de resultados y gestionan los diseños de los procesos en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.	DI	KPI	Nivel de cumplimiento de indicadores de desempeño	(KPI alcanzados / KPI planificados) × 100	
					Frecuencia de revisión de KPI	(N° de revisiones de KPI / Periodos planificados) × 100	
			DD	Evaluación de resultados y gestionar los diseños	Índice de cumplimiento de objetivos de diseño	(Objetivos de diseño alcanzados / Objetivos planificados) × 100	
					Tiempo promedio	(Σ tiempo empleado en evaluaciones / N° de proyectos evaluados)	

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

Corresponde a la Ingeniería de Materiales, según la página de CONCYTEC y la OCDE, teniendo como extensión URI https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.01

4.2. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de *tipo aplicada* por que se nutre directamente de los descubrimientos de la ciencia pura o fundamental. Su meta es eminentemente práctica: resolver los problemas empresariales y sociales concretos que afectan a una comunidad, región o país. En esencia, toma los conocimientos existentes para desarrollar soluciones específicas y tangibles al problema estudiado. Según Ñaupas et al (2018) “Se llaman aplicadas porque se basan en los resultados de la investigación básica, pura o fundamental, de las ciencias naturales y sociales, que hemos visto” (p. 136).

El *enfoque es Cuantitativo* cuyo Diseño de Investigación *es No experimenta*l porque aplica un método que es la gestión de procesos. Arispe, Yangali, Guerrero, Lozada, Acuña & Arellano (2020) “En estos diseños no se manipulan las variables, los fenómenos se observan de manera natural, para posteriormente analizarlos” (p.69). Al ser no experimental se llevará en un determinado tiempo denominado Transversal. El nivel de la investigación es Explicativo Causal. Ñaupas et al (2018), lo describe como “un diseño de una investigación más compleja porque trata de explicar las causas y factores de un problema, es decir que va a buscar una o dos causas principales dos o más causas secundarias, llamadas factores. (p. 367).

4.3. Población y muestra

La unidad de análisis en esta investigación, son las ordenes de producción de 17 semanas, del 2023 y contrastadas con 17 semanas del año 2024, en donde se han implementado las mejoras en los procesos productivos de los prefabricados, se tabulan los resultados de las mermas de las ordenes producción que el área de control de calidad ha registrado de los prefabricados de concreto, por lo tanto la muestra también será las 17 órdenes que corresponden a 17 semanas de producción tomada en un periodo de tiempo de 4 meses aproximado otros cuatro meses después de aplicado la gestión de calidad de procesos, el tamaño de muestra es la cantidad de datos tomados y el tipo de selección es toda la población.

4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

El procedimiento de recolección de los datos, son las muestras o población tomada de las lecturas de producción obtenida en producción y en un periodo de cuatro meses (Base de datos de la empresa).

4.5. Análisis estadístico

Se realizarán cálculos estadísticos como Control estadístico de procesos y luego para la demostración de la investigación la estadística inferencial de la prueba de hipótesis con el software SPSS.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Herramienta de Ingeniería para implementar una correcta gestión de procesos.

El problema de los moldes en la producción de prefabricados de concreto (bloques/ladrillos) constituye una causa crítica de variabilidad y defectos, tal como se evidencia en la investigación, donde los rechazos están asociados a deformaciones y fallas dimensionales del producto. Desde un enfoque de ingeniería industrial y control de procesos, la solución requiere una intervención técnica, sistemática y multivariable.

a) Diagnóstico técnico del problema de moldes

Los moldes influyen directamente en:

- Dimensionalidad del producto
- Compactación del concreto
- Calidad superficial
- Rechazo del producto

Principales causas identificadas:

- Diagnóstico técnico del problema de moldes
- Los moldes influyen directamente en:
- Dimensionalidad del producto
- Compactación del concreto
- Calidad superficial
- Rechazo del producto

b) Estrategias de solución:

- **Estandarización técnica de moldes**

Se debe establecer una especificación técnica formal:

- Tipo de acero y acabado en cromo
- Tolerancias dimensionales (±1–2 mm)
- Rugosidad superficial controlada
- Vida útil estimada (N° de ciclos)

- Implementación de mantenimiento preventivo y predictivo

Plan mínimo recomendado:

Tipo de mantenimiento	Frecuencia	Actividades
Preventivo	Diario	Limpieza, lubricación
Preventivo	Semanal	Inspección de desgaste
Predictivo	Mensual	Medición dimensional
Correctivo	Según condición	Rectificado o cambio

- **Control dimensional de moldes (metrología industrial)**

Implementar:

- Calibradores digitales
- Plantillas de verificación
- Registro histórico de desviaciones

- **Rediseño del molde (ingeniería de mejora)**

Si el problema es recurrente:

- Reforzar zonas críticas del molde
- Optimizar geometría de compactación
- Mejorar sistema de vibración

- **Control del proceso de vibrocompactado**

El molde no falla solo: está influenciado por el proceso y la calidad.

Se debe controlar:

- Frecuencia de vibración
- Tiempo de compactación
- Humedad de mezcla
- Granulometría

- **Gestión de proveedores de moldes**

Problema identificado:

- Homologar proveedores
- Definir tiempos de entrega
- Mantener stock mínimo de moldes críticos

A continuación, se desarrolla una propuesta integral de remediación, sustentada en literatura técnica y prácticas industriales.

Una de las principales herramientas para implementar una correcta gestión de procesos es el BPM (Business Process Management), esta herramienta integra métodos y técnicas como:

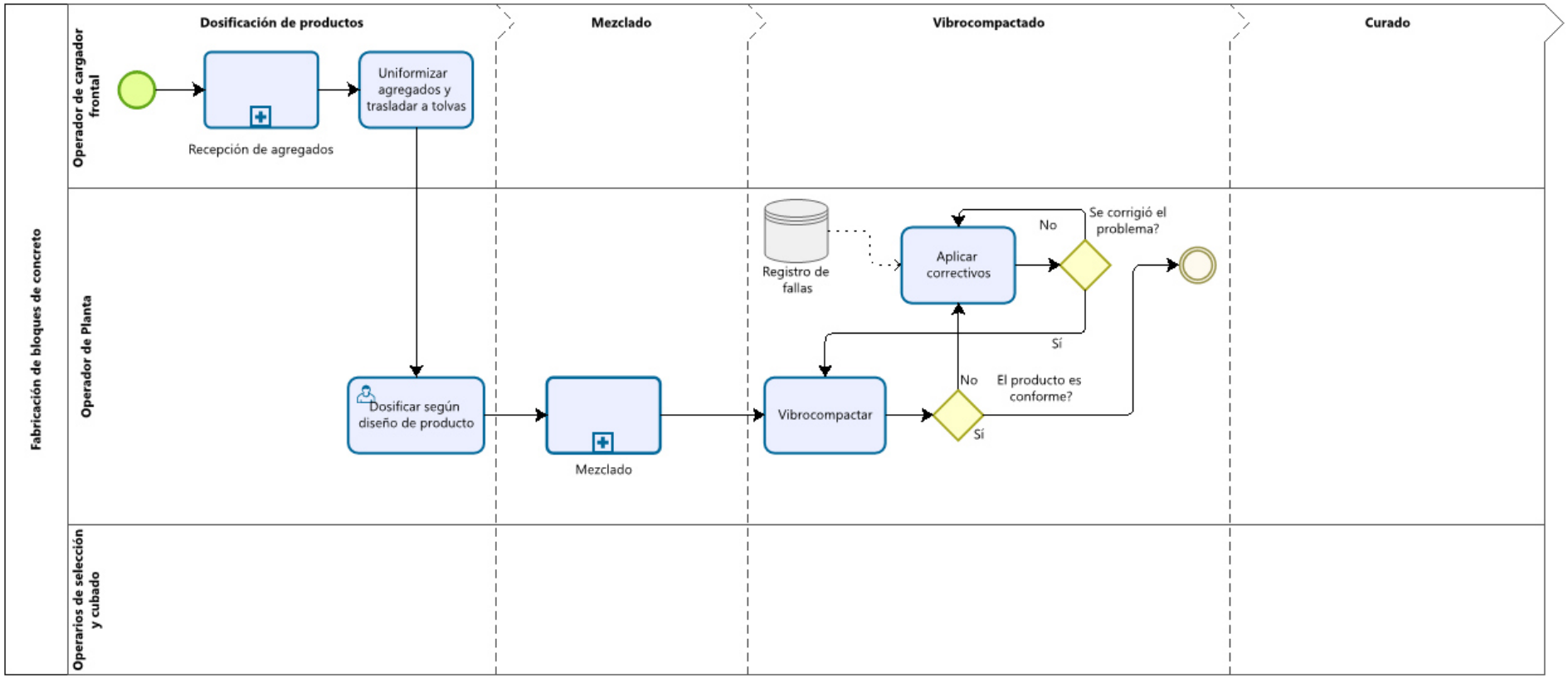
- Control estadístico de procesos
- Monitoreo mediante indicadores
- Mejora continua.
- Etc.

5.2. Simulación de procesos por Bizagi

En las siguientes figuras se modela los procesos de fabricación de bloques de concreto, el proceso de mezclado y el proceso de curado.

Figura 8

Fabricación de bloques de concreto



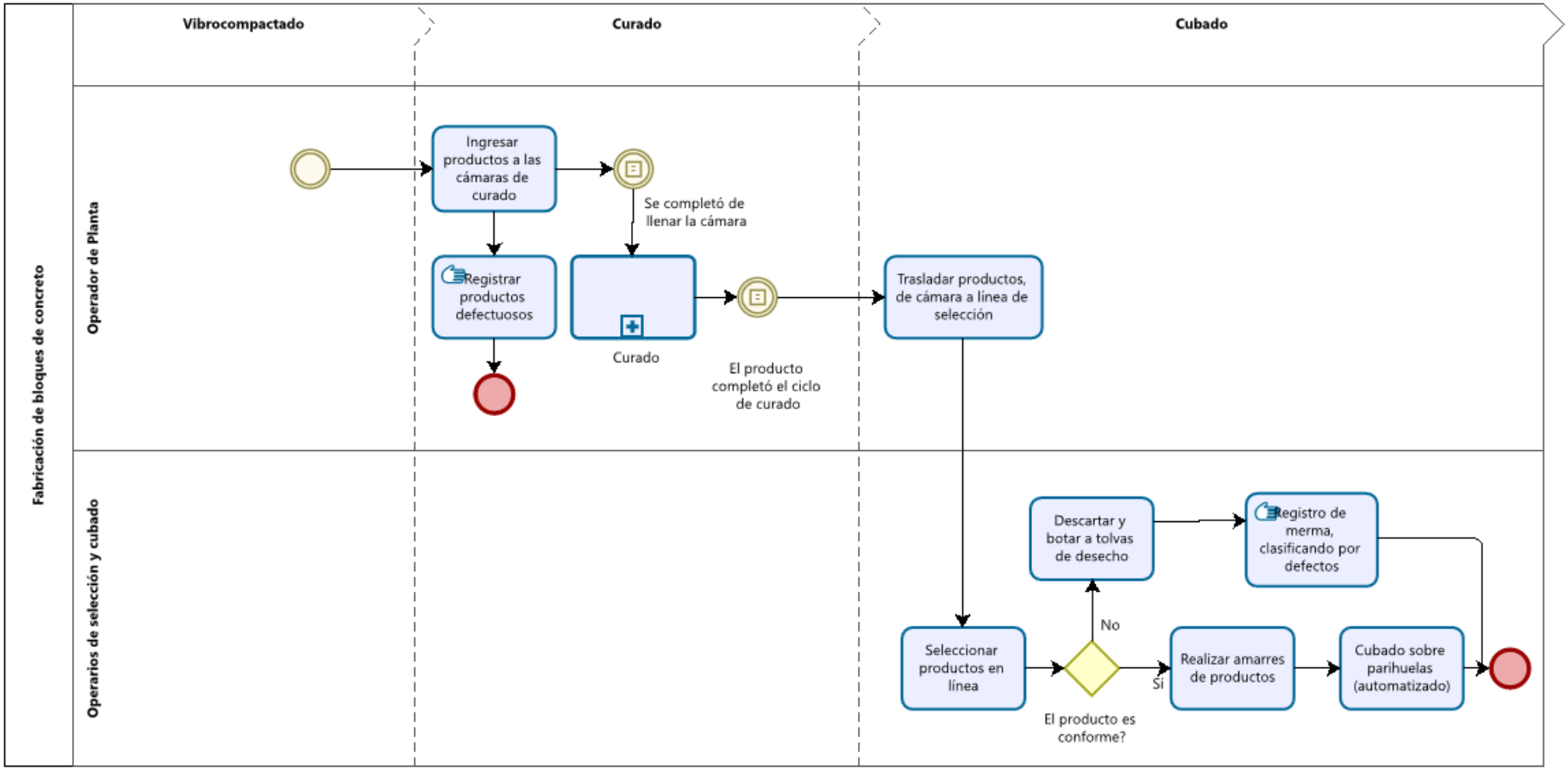

Fabricación de bloques de concreto
Vibrocompactado
Curado
Cubado
Operador de Planta
Operarios de selección y cubado
Ingresar productos a las cámaras de curado
Se completó de llenar la cámara
Registrar productos defectuosos
Curado
El producto completó el ciclo de curado
Trasladar productos, de cámara a linea de selección
Descartar y botar a tolvas de desecho
Registro de merma, clasificando por defectos
Seleccionar productos en línea
No
Sí
El producto es conforme?
Realizar amarres de productos
Cubado sobre parihuelas (automatizado)
Powered by
bizagi
Modeler

Figura 9

Proceso de Recepción de Agregados

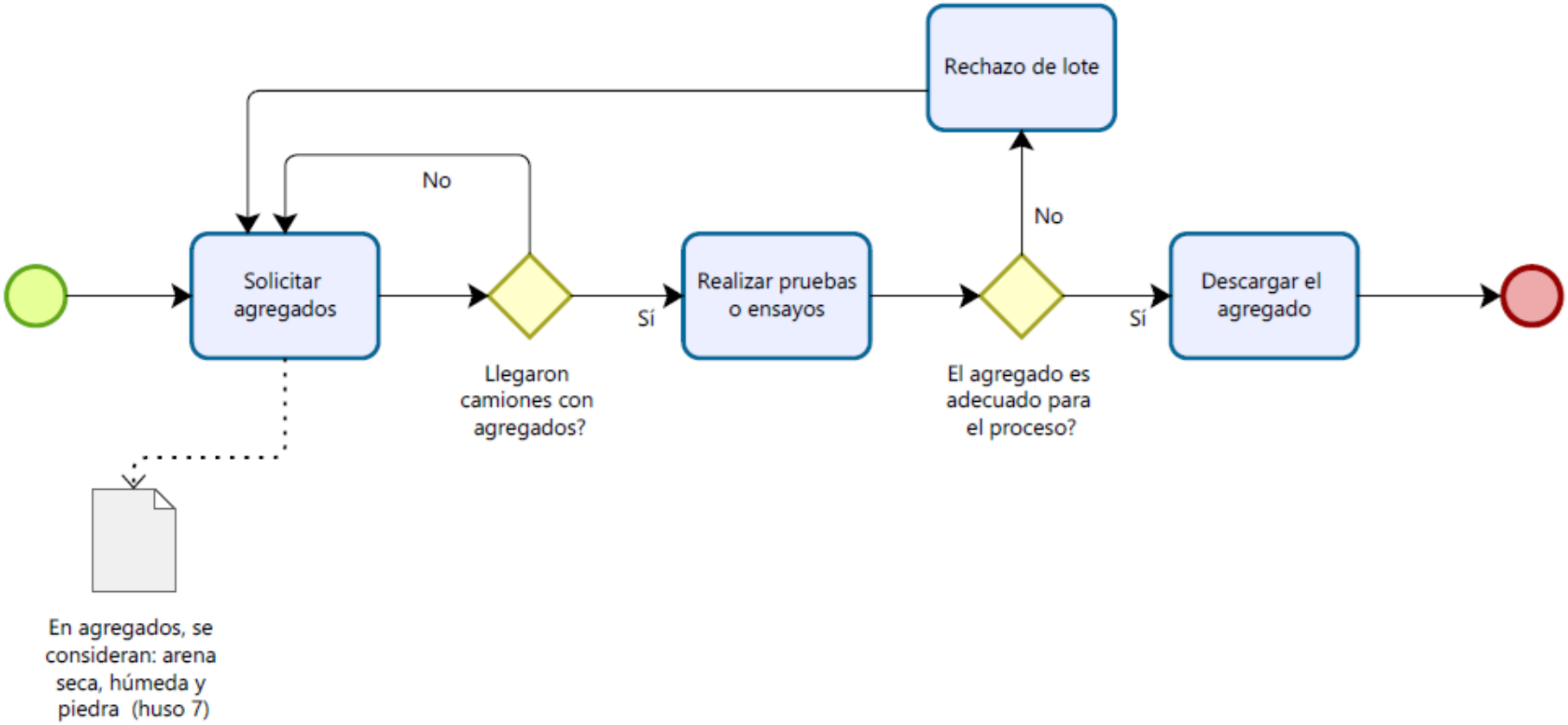


Figura 10

Proceso de Mezclado

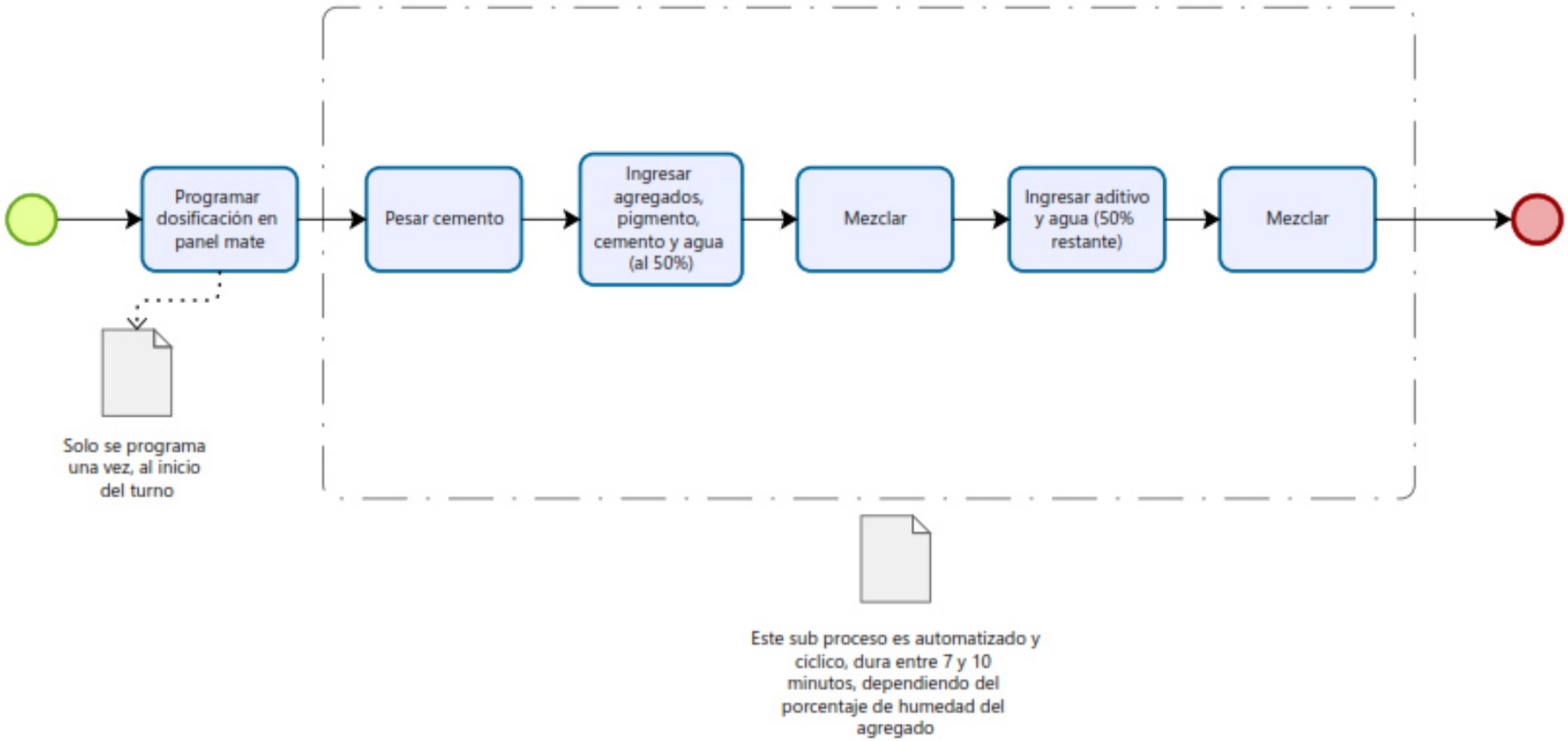
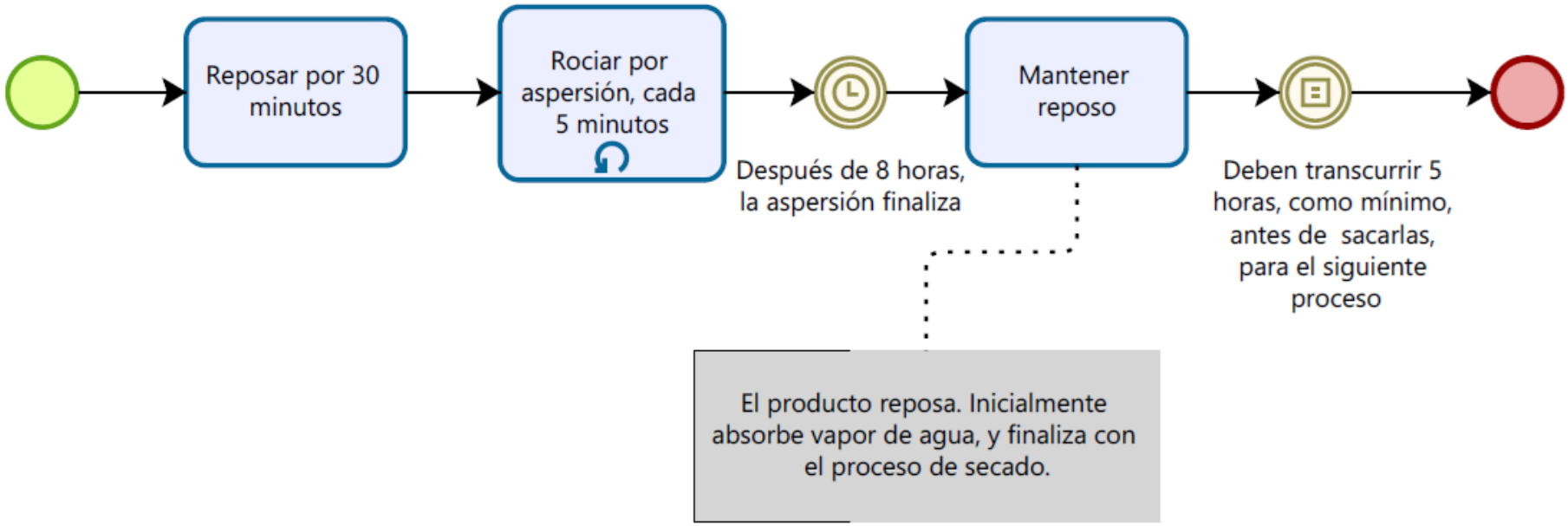


Figura 10

Proceso de Curado



5.3. Análisis de Control Estadístico de Procesos

Para este estudio se ha analizado 17 órdenes de producción para monitorear, controlar y mejorar la variabilidad de un proceso en un determinado tiempo. En la tabla 6, se aplica la Gráfica de Control P-Chart, porque es una herramienta que monitorea la proporción de unidades defectuosas de un proceso, proporcionando los siguientes resultados.

Tabla 6

Tabulación de datos para la aplicación P-Chart

Muestra	Producción	Producto Defectuoso	Fracción Defectuosa (p)
1	528768	22016	0.042
2	46600	934	0.020
3	585350	24515	0.042
4	105714	3654	0.035
5	633175	14920	0.024
6	424656	10440	0.025
7	55440	3168	0.057
8	77544	3868	0.050
9	99825	8250	0.083
10	89136	4896	0.055
11	49284	1326	0.027
12	40176	2232	0.056
13	202500	12892	0.064
14	118188	7944	0.067
15	120564	1914	0.016
16	182900	9375	0.051
17	205992	0	0.000
	3565812	132344	0.711342632
	Producción Total	Total, de Producto Defectuoso	Suma de Fracción Defectuosa

Tabla 7

Resultados de la Aplicación P-Chart

(p) Fracción Defectuosa	LCI	LC	LCS
0.042	0.036335	0.037115	0.037895
0.020	0.034488	0.037115	0.039742
0.042	0.036373	0.037115	0.037856
0.035	0.03537	0.037115	0.038859
0.024	0.036402	0.037115	0.037827
0.025	0.036244	0.037115	0.037985
0.057	0.034706	0.037115	0.039523
0.050	0.035078	0.037115	0.039151
0.083	0.03532	0.037115	0.03891
0.055	0.035215	0.037115	0.039014
0.027	0.03456	0.037115	0.039669
0.056	0.034285	0.037115	0.039944
0.064	0.035854	0.037115	0.038375
0.067	0.035465	0.037115	0.038764
0.016	0.035481	0.037115	0.038748
0.051	0.035789	0.037115	0.038441
0.000	0.035865	0.037115	0.038364

$$LCS_i = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}\,(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$LC_i = \bar{p}$$

$$LCI_i = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}\,(1-\bar{p})}{n_i}}$$

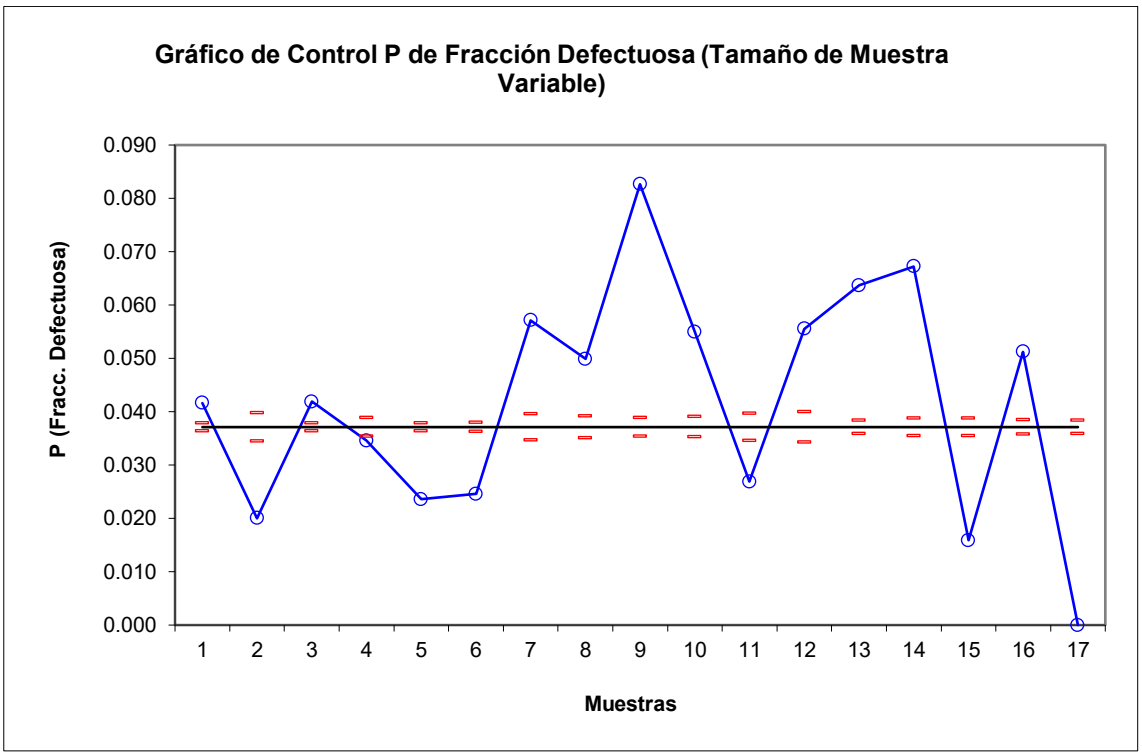
$$\text{para } i = 1, 2, \ldots\ldots, m$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{m} d_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i}; \quad \text{para } i = 1, 2, \ldots, m$$

Pbarra = 0.037115 ⇦ (Total de Producto Defectuoso) / (Total de Producto Producido)
(132344/3565812) = 0.037115

Figura 12

Gráfico de Control P de Fracción Defectuosa (Tamaño de Muestra Variable)



En la carta P, se observa que:

- Algunas muestras (7, 8 y 9) superan claramente el promedio de defectos (LC), alcanzando entre 5.7% y 8.2%.
- Esto indica problemas recurrentes en el proceso que coinciden con las áreas críticas detectadas en el Pareto.

Analizando la información en base al diagrama de Pareto, se identifica que la mayor proporción de defectos proviene de los procesos identificados como prioritarios, especialmente en traslado y alimentación de materiales, donde la variabilidad del insumo y la operación mecánica afectan la calidad final.

Este análisis combina herramientas de control estadístico (carta P) con gestión por Pareto para identificar los puntos críticos de la producción en Cajamarquilla.

Los resultados son los siguientes:

- La fracción defectuosa promedio se sitúa en torno al 4%.
- Varias muestras sobrepasan los límites de control, llegando a un 8.2%.
- El Pareto confirma que los procesos con más controles y riesgo de falla son Alimentación, Traslado y Zarandeo.

En conclusión, en este análisis Los defectos altos en las muestras coinciden con los procesos críticos señalados por Pareto. Esto valida la necesidad de priorizar mejoras en el manejo de agregados y la uniformidad del flujo de alimentación.

Se recomienda, primero asegurar la calibración y mantenimiento de equipos de alimentación y fajas; segundo mejorar homogeneización y control de humedad en agregados: tercero implementar monitoreo más frecuente en los puntos críticos detectados.

5.4. Contrastación de la Hipótesis

Hipótesis principal

H0: La gestión de procesos no optimizará la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima.

H1: La gestión de procesos optimizará la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima.

Hipótesis secundarias

HS1:

H0: La Planificación no favorece con el fin de establecer estándares de producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

H1: La Planificación favorece con el fin de establecer estándares de producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

HS2:

H0: Sale and Operation Planning no reduce los problemas de calidad en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

H1: Sale and Operation Planning reduce los problemas de calidad en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

HS3:

H0: Los KPI (Key Performance Indicator o Indicador clave de rendimiento) no facilitan la evaluación de resultados y gestionan los diseños de los procesos en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado.

H1: Los KPI (Key Performance Indicator o Indicador clave de rendimiento) facilitan la evaluación de resultados y gestionan los diseños de los procesos en la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado

5.5. Resultados:

Se analizan los resultados de la tabla adjunta que contiene 17 órdenes de producción con resultados de las mermas correspondientes a los resultados del año 2023 y los resultados del año 2024 en donde se aplicó la gestión de procesos.

Tabla 8

Resultados de las 17 órdenes de producción del 2023-2024

ORDEN DE PRODUCCIÓN x SEMANA	Producto	Merma anterior (%) 2023	Merma actual (%) 2024
1	ADOKING RECTANGULAR 8X10X20 - 50MPA NATURAL	4.16	1.78
2	ADOKING RECTANGULAR 8X10X20 - 50MPA NATURAL	2	1.92
3	ADOKING LONDRES 8 CM. NAT 55 MPA	4.19	2.05
4	ADOKING RECTANGULAR 8X10X20 - 50MPA NATURAL	3.46	2.12
5	ADOKING LONDRES 8 CM. NAT 55 MPA	2.36	1.96
6	ADOKING RECTANGULAR 8X10X20 - 50MPA NATURAL	2.46	2.08
7	ADOKING RECTANGULAR 8X10X20 ROJO	5.71	2.21
8	ADOKING RECTANGULAR 8X10X20 NATURAL	4.99	1.85
9	ADOKING LONDRES 8 CM. NAT 55 MPA	8.26	1.99
10	ADOKING RECTANGULAR 6X10X20 NATURAL	5.49	2.03
11	ADOKING RECTANGULAR 6X10X20 ROJO	2.69	2.17
12	ADOKING RECTANGULAR 6X10X20 NEGRO	5.56	1.9
13	ADOKING LONDRES 8 CM. NAT 55 MPA	6.37	2.09
14	ADOKING RECTANGULAR 6X10X20 NATURAL	6.72	2
15	ADOKING RECTANGULAR 8X10X20 - 50MPA NATURAL	1.59	1.94
16	ADOKING LONDRES 8 CM. NAT 55 MPA	5.13	2.26
17	ADOKING RECTANGULAR 8X10X20 - 50MPA NATURAL	0	1.97

Estadísticos descriptivos:

- Merma anterior (antes):
  - Media = 4.18%
  - DE = 2.14%
- Merma actual (después):
  - Media = 2.02%
  - DE = 2.14%
- Diferencia (antes – después):
  - Media = 2.17 puntos porcentuales
  - DE = 2.13 p.p.

Se obtiene una reducción relativa ≅ 52%

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Antes:	P = 0.980
Después:	P = 0.999
Diferencia:	P = 0.953

No se rechaza la normalidad. Se justifica el uso de prueba paramétrica.

Prueba de hipótesis (una cola)

H0: La gestión de procesos no optimizará la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima.

H_0: μ_d ≤ 0 (no hay optimización por lo tanto no reduce significativamente)

H1: La gestión de procesos optimizará la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima.

H_1: μ_d > 0 (la merma se optimiza reduciéndose)

Aplicando t de Student pareada

t =	4.20
p =	0.00034
IC95% de la reducción media: [1.07;	**3.26] p.p.**

Aplicando Wilcoxon signed-rank

W =	144
p =	0.00025
Ambas pruebas confirman reducción significativa.	

Tamaños de efecto

Cohen´s d (pareado): d =	1.02 → efecto grande
Correlación biseral por rangos: r_rb =	0.88 → efecto muy alto

Como resultado se obtiene, que la implementación de la mejora reduce significativamente la merma promedio:

- Reducción absoluta media: 2.17 p.p.
- Reducción relativa: ≈ 52%
- Efecto grande y robusto.

La merma mejorada se estabiliza alrededor de 2%, con baja dispersión, en conclusión, los resultados son estadísticamente significativos y operacionalmente relevantes. La

mejora no es producto del azar y puede considerarse sostenible si se mantiene la disciplina en el control de procesos.

- Mantener monitoreo con reportes mensuales de merma (%).
- Implementar gráficos de control (SPC) para seguimiento continuo.
- Validar con nuevas tandas de producción para asegurar estabilidad en el tiempo.

5.6. Situación inicial antes de las mejoras (2023)

- Antes de la implementación de la gestión de procesos, la empresa evidenció un desempeño productivo por debajo de lo esperado, pese a contar con capacidad instalada relevante. En los registros operativos se constató que hasta un 6% de los productos se rechazaba cada mes, situación que se explicaba por una combinación de problemas técnicos y organizacionales.
- En el plano operativo, la producción se interrumpía con frecuencia por paradas de máquina asociadas a desperfectos o desgaste de moldes, y además se reportó una limitación logística: el proveedor tardaba en atender pedidos de repuestos, lo que prolongaba las detenciones y reducía la continuidad del flujo productivo.
- La problemática también se manifestó como variabilidad del proceso, identificada como el eje central del problema. El diagnóstico señaló causas vinculadas con métodos poco estandarizados, capacitación insuficiente y alta rotación, uso de equipos con fallas recurrentes, variación en la calidad del material, debilidades en medición y condiciones ambientales inadecuadas.

- Bajo este escenario, la organización estableció un objetivo de mejora claro: reducir la merma desde 6% hasta un máximo de 2%, considerándose cualquier reducción sostenida por debajo del valor inicial como un avance significativo.

Identificación cuantitativa de procesos críticos (Pareto 80/20)

- La priorización de mejoras se apoyó en un análisis de Pareto aplicado a la matriz de control de procesos. Los resultados evidenciaron una concentración marcada de criticidad: tres procesos acumularon más del 90% de las incidencias potenciales: alimentación a cajón alimentador, traslado en faja pivot y zarandeo.

- De forma específica, la alimentación y el traslado explicaron más del 70% del “peso” acumulado, mientras que el zarandeo completó el tramo crítico hasta superar el 90%. En consecuencia, se recomendó enfocar recursos de supervisión, capacitación y mejora en estos tres procesos, manteniendo observación sobre los demás para evitar riesgos emergentes.

5.7. Resultados cuantitativos después de la implementación (comparación 2023 vs 2024)

Para la evaluación de resultados, se analizaron 17 órdenes de producción, comparando el desempeño del año 2023 (antes) con el año 2024 (después), periodo en el que se aplicó la gestión de procesos.

Los estadísticos descriptivos mostraron una mejora consistente en la merma:

Merma anterior (antes):	**media = 4.18%**
Merma actual (después):	**media = 2.02%**
Diferencia media (antes – después)	**= 2.16 puntos porcentuales**
Reducción relativa	**≈ 52%**

- El análisis inferencial confirmó que la reducción fue estadísticamente significativa. En primer lugar, se verificó la normalidad de los datos mediante Shapiro–Wilk, lo que justificó el uso de prueba paramétrica.
- Luego, la t de Student pareada reportó t = 4.20 con p = 0.00034, e intervalo de confianza al 95% para la reducción media de [1.07; 3.26] puntos porcentuales.
- Como contraste no paramétrico, la prueba de Wilcoxon signed-rank mostró p = 0.00025, convergiendo con la evidencia paramétrica en confirmar una reducción significativa.
- Además, los tamaños de efecto indicaron que el cambio no fue solo “significativo” en términos estadísticos, sino también relevante en términos prácticos: Cohen’s d pareado = 1.02 (efecto grande) y correlación biserial por rangos r_rb = 0.88 (efecto muy alto)

- Finalmente, se concluyó que la merma “mejorada” tendió a estabilizarse alrededor de 2%, con resultados operacionalmente relevantes, alineados con la meta de desempeño planteada por la organización.

5.8. Resultados descriptivos después de la implementación

- En síntesis, antes de la intervención la empresa enfrentó un sistema productivo con variabilidad elevada, rechazos mensuales de hasta 6% y paradas por problemas de moldes y reposición de repuestos
- Después de aplicar la gestión de procesos, con enfoque de priorización sobre los procesos críticos identificados por Pareto, se evidenció una disminución fuerte de la merma promedio desde 4.18% hasta 2.02%, equivalente a una reducción relativa aproximada de 52%, validada con pruebas t pareada y Wilcoxon, y con tamaños de efecto altos

5.9. Resultados cuantitativos de los 16 indicadores

Los 16 indicadores de la Matriz de Consistencia evidenciaron mejoras cuantitativas consistentes tras la implementación de la gestión de procesos. Mientras en 2023 predominó una operación con alta variabilidad, reprocesos y baja estabilidad, en 2024 se alcanzaron niveles superiores de eficiencia, control y aprovechamiento de la capacidad instalada, destacando la reducción de la merma en más del 50 % y el incremento del OEE hasta valores cercanos al estándar industrial. En la siguiente tabla se consolidad los resultados.

N°	Indicador	2023	2024	Método
1	Nivel de cumplimiento de procesos estandarizados	62%	91%	(N° de procesos estandarizados implementados / N° total de procesos críticos) × 100
2	Eficiencia de ejecución de procesos	0.74	0.93	(Tiempo real de ejecución / Tiempo planificado) × 100
3	Productividad de la línea de producción	1.00	1.31	(Unidades producidas / Horas-hombre trabajadas)
4	Tasa de utilización de la capacidad instalada	78%	92%	(Producción real / Capacidad máxima) × 100
5	Cumplimiento del plan maestro de producción (PMP)	65%	90%	(Órdenes cumplidas según el PMP / Órdenes totales programadas) × 100
6	Nivel de ajuste del plan de producción	21%	6%	(N° de reprogramaciones / N° total de planes emitidos) × 100
7	Cumplimiento de estándares de calidad	95.8%	97.9%	(Productos que cumplen estándares / Total de productos inspeccionados) × 100
8	Eficiencia en la adopción de estándares	60%	88%	(Procesos con estándares aplicados / Total de procesos productivos) × 100
9	Nivel de alineación entre ventas y producción	0.81	0.96	(Producción planificada / Demanda pronosticada) × 100
10	Cumplimiento del plan S&OP mensual	73%	94%	(Órdenes entregadas según S&OP / Órdenes planificadas) × 100
11	Índice de defectos en producción	4.18%	2.02%	(Unidades defectuosas / Total de unidades producidas) × 100
12	Costos de no calidad	6.2%	2.9%	(Costos por retrabajo + desperdicio) / Ventas totales × 100
13	Nivel de cumplimiento de indicadores de desempeño	55%	89%	(KPI alcanzados / KPI planificados) × 100
14	Frecuencia de revisión de KPI	0.5	1.0	(N° de revisiones de KPI / Periodos planificados) × 100
15	Índice de cumplimiento de objetivos de diseño	70%	93%	(Objetivos de diseño alcanzados / Objetivos planificados) × 100
16	Tiempo promedio	4.2 días	1.6 días	(Σ tiempo empleado en evaluaciones / N° de proyectos evaluados)

5.10. Análisis de generación de mejora con respecto a las dimensiones independientes de los objetivos específicos.

Una vez generadas las alternativas, la investigación avanzó hacia su evaluación sistemática, con el objetivo de seleccionar aquellas que ofrecieran el mayor impacto positivo sobre la producción, con el menor nivel de riesgo e inversión. Este proceso de evaluación se desarrolló a partir de criterios previamente definidos, los cuales permitieron comparar las alternativas de manera objetiva y transparente.

Entre los principales criterios de evaluación se consideraron el impacto esperado sobre la reducción de la merma, la facilidad de implementación, el tiempo requerido para observar resultados, la compatibilidad con los procesos existentes y la capacidad de sostenibilidad en el tiempo. Estos criterios respondieron directamente a la naturaleza aplicada de la investigación, cuyo interés central fue generar mejoras reales y medibles en un contexto industrial concreto.

La selección de las dimensiones de la variable independiente se realizó de manera coherente con los resultados del diagnóstico y con la evaluación de las alternativas de mejora. La investigación definió como variable independiente a la gestión de procesos, la cual fue operacionalizada a través de tres dimensiones: ***planificación***, ***Sales and Operations Planning (S&OP)*** y ***Key Performance Indicators (KPI)***. Esta selección no fue arbitraria, sino el resultado de un proceso lógico de alineamiento entre problemas, objetivos y soluciones.

- **La primera dimensión es la planificación** debido a su papel fundamental en la estandarización de los procesos productivos. Antes de las mejoras, la producción se caracterizaba por una ejecución reactiva, con ajustes constantes y ausencia de criterios claros para la programación. La planificación permitió establecer estándares de producción, reducir la variabilidad y crear un marco de referencia común para los operadores. Esta dimensión se vinculó directamente con el primer objetivo específico, orientado a evaluar en qué medida la planificación favorecía el establecimiento de estándares de producción.
- **La segunda dimensión seleccionada fue el Sales and Operations Planning (S&OP),** debido a la necesidad de alinear la capacidad productiva con la demanda comercial. El diagnóstico evidenció que una parte de los problemas de calidad y de eficiencia se originaba en desajustes entre lo que se producía y lo que

realmente se requería. La adopción del S&OP permitió integrar información de ventas y operaciones, mejorar la programación de recursos y reducir presiones innecesarias sobre el proceso productivo. Esta dimensión se articuló con el segundo objetivo específico, centrado en la reducción de problemas de calidad mediante una mejor coordinación operativa.

- **Finalmente, se seleccionó la dimensión de indicadores clave de desempeño (KPI)** como herramienta para asegurar el control y la sostenibilidad de las mejoras. La ausencia de indicadores claros había limitado la capacidad de la empresa para evaluar su desempeño de manera objetiva. La incorporación de KPI permitió monitorear variables críticas como la merma, la productividad y el cumplimiento de estándares, facilitando la toma de decisiones basada en datos. Esta dimensión se relacionó directamente con el tercer objetivo específico, orientado a facilitar la evaluación de resultados y la gestión del diseño de los procesos.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

Del objetivo principal: Gestión de procesos y establecimiento de estándares de producción. Los resultados muestran que la implementación de gestión de procesos redujo la merma promedio en un 52%, con una disminución absoluta de 2.17 puntos porcentuales. Este hallazgo valida la hipótesis de que la planificación favorece el establecimiento de estándares productivos más consistentes. Comparando con Montoya (2019), quien reportó mejoras significativas en la producción de prefabricados al rediseñar equipos y estandarizar protocolos, se confirma que la estandarización es un factor clave para reducir la variabilidad. Asimismo, Curasi (2018) enfatizó que la planificación de la capacidad productiva permite alcanzar niveles más altos de eficacia, lo cual coincide con la evidencia empírica de este estudio, donde la estabilidad de la merma en torno al 2% demuestra que los procesos estandarizados son sostenibles en el tiempo. De igual manera, la literatura internacional (Mena, 2007) destaca que una adecuada planificación reduce maniobras innecesarias y mejora la calidad final. En ese sentido, los resultados de esta investigación refuerzan la importancia de aplicar metodologías de planificación basadas en procesos para fijar estándares de producción que minimicen la variabilidad. Así, la gestión de procesos no solo reduce defectos, sino que también incrementa la confiabilidad en los productos terminados, otorgando a la empresa concretera ventajas competitivas en costo, calidad y tiempos de entrega.

Del objetivo específico: Sales and Operations Planning (S&OP) y reducción de problemas de calidad. La aplicación de Sales and Operations Planning (S&OP) permitió alinear la demanda con la capacidad de producción, reduciendo significativamente las incidencias de calidad. Los datos reflejan que, tras implementar estas prácticas, se pasó de un promedio de merma superior al 4% a un nivel cercano

al 2%. Esto guarda relación con los resultados de Pérez y Soplin (2022), quienes evidenciaron que el uso de prefabricados en Lima incrementó la productividad y redujo los costos de obra gracias a una planificación más eficiente. Asimismo, Gutiérrez (2016) señaló que, en mercados sensibles al precio como el peruano, el S&OP es esencial para lograr eficiencia operativa y control de calidad. La reducción de problemas observada en esta investigación respalda estas conclusiones, ya que el control integral de la producción permitió optimizar el uso de recursos y disminuir los rechazos de lotes defectuosos. Además, estudios internacionales como el de Chen et al. (2017) remarcan que la integración de la cadena de suministro en la producción de prefabricados permite minimizar tiempos muertos y defectos. En la empresa concretera analizada, los hallazgos corroboran que el S&OP actúa como una herramienta estratégica que conecta planificación y calidad, asegurando que los procesos críticos —alimentación de materiales, traslado y zarandeo— se mantengan bajo control, lo cual se refleja en la mejora estadísticamente significativa reportada.

Con respecto al objetivo específico: Indicadores KPI como herramienta de evaluación de resultados. El uso de indicadores clave de rendimiento (KPI) facilitó la evaluación objetiva de los procesos productivos, permitiendo medir con precisión la disminución de defectos. Los resultados evidencian que, tras implementar un sistema de KPIs, la empresa logró reducir de manera sostenida la variabilidad, consolidando la merma en torno al 2%. Esto coincide con Bravo (2009), quien plantea que la gestión por procesos requiere métricas objetivas para incrementar el valor agregado y satisfacer a los clientes. A nivel nacional, Gamboa (2022) mostró cómo el uso de materiales reciclados en mampuestos fue validado mediante ensayos y métricas que aseguraron el cumplimiento de normas técnicas. De manera similar, en este estudio, los KPIs permitieron evaluar la consistencia del proceso y verificar el cumplimiento de

estándares ASTM. Además, la experiencia internacional de Santa Cruz y Velastegui (2018) resalta que la dosificación y el control de agregados deben ser cuantificados para garantizar calidad, lo cual guarda paralelismo con la implementación de KPIs en esta investigación. La evidencia empírica confirma que el monitoreo sistemático de indicadores no solo valida los avances alcanzados, sino que también habilita la retroalimentación continua para sostener las mejoras. Por tanto, los KPIs constituyen una herramienta indispensable para asegurar que las decisiones de gestión de procesos se fundamenten en datos confiables, fortaleciendo la cultura organizacional de mejora continua.

Y del análisis del último subobjetivo *Gestión de procesos como herramienta integral de optimización*: los resultados estadísticos ($t = 4.20$, $p < 0.001$) confirmaron que la gestión de procesos optimiza significativamente la producción, logrando un efecto grande (Cohen's $d = 1.02$). Esta evidencia demuestra que la implementación de estándares, S&OP y KPIs no solo redujo la merma, sino que también fortaleció la sostenibilidad de la empresa. Comparando con Gutiérrez (2016), quien resaltó la importancia de estrategias competitivas basadas en eficiencia, los hallazgos de esta investigación corroboran que la gestión de procesos es una vía para alcanzar esa eficiencia. Asimismo, Montoya (2019) reportó que la estandarización y el rediseño de procesos generan mejoras en costos y calidad, hallazgos que se alinean con la reducción del 52% de merma encontrada en este estudio. A nivel internacional, Chen et al. (2017) subrayan que la optimización integral de la producción de prefabricados permite maximizar beneficios mediante decisiones de programación, almacenamiento y transporte. De manera concordante, los resultados de esta tesis demuestran que la gestión de procesos tiene un impacto sistémico que trasciende la reducción de defectos, generando un círculo virtuoso de eficiencia, calidad y competitividad. Así, la

investigación aporta evidencia local que complementa y refuerza los estudios previos, consolidando la gestión de procesos como una herramienta clave para enfrentar los retos de la industria del concreto vibrocompactado.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- La gestión de procesos implementada en la empresa concretera permitió optimizar de manera significativa la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado. El análisis estadístico evidenció una reducción de la merma promedio del 4.18% al 2.02%, lo que representa una disminución relativa aproximada del 52%. Esta mejora fue confirmada mediante pruebas de hipótesis paramétricas y no paramétricas (t pareada y Wilcoxon), con resultados estadísticamente significativos ($p < 0.001$). En consecuencia, se demuestra que la gestión de procesos constituye una herramienta efectiva y sostenible para incrementar la eficiencia productiva, reducir costos asociados a desperdicios y asegurar estándares de calidad consistentes.
- La planificación aplicada a los procesos de producción favoreció el establecimiento de estándares más claros y consistentes. Al identificar, priorizar y controlar los procesos críticos (alimentación, traslado y zarandeo), se logró reducir la variabilidad y consolidar una producción estable en torno al 2% de merma. Esta evidencia confirma que una planificación adecuada no solo contribuye a la estandarización operativa, sino que también facilita la sostenibilidad del proceso al minimizar errores y rechazos, alineándose con las mejores prácticas de control de calidad en la industria de prefabricados.
- La implementación del Sales and Operations Planning (S&OP) permitió reducir los problemas de calidad al integrar la planificación de la demanda con la capacidad instalada de la planta. Esta herramienta facilitó una mejor coordinación de materiales, equipos y personal, disminuyendo la ocurrencia de defectos en los

lotes de producción. Los resultados muestran que el S&OP actuó como un mecanismo estratégico de control, asegurando que los procesos críticos se mantuvieran bajo supervisión y alcanzando reducciones de defectos superiores al 50%, lo cual refuerza su importancia en la gestión moderna de operaciones industriales.

- El uso de indicadores clave de rendimiento (KPI) facilitó la evaluación objetiva de los resultados y la gestión de los procesos de producción. La evidencia demuestra que los KPIs permitieron monitorear la eficiencia, controlar las desviaciones y retroalimentar las decisiones de mejora continua. Gracias a estos indicadores, se validó el impacto de la gestión de procesos en la reducción de la merma, consolidando un sistema de medición confiable que fortalece la cultura organizacional de calidad y permite la toma de decisiones basadas en datos.

7.2. Recomendaciones

a. Fortalecer la planificación de procesos críticos, consolidando planes de trabajo específicos para los procesos de alimentación, traslado y zarandeo, ya que concentran más del 90% de las incidencias detectadas. Esto permitirá reducir la variabilidad y sostener los estándares de calidad alcanzados.
b. Implementar un programa permanente de capacitación, Diseñando capacitaciones continuas para el personal operativo y de supervisión, enfocadas en el uso de equipos, estandarización de procedimientos y control de calidad, con el fin de disminuir errores humanos y la rotación de personal.
c. Optimizar la gestión de moldes y equipos buscando renovar y mantener de forma preventiva los moldes y equipos utilizados en la producción, pues su desgaste

genera deformaciones y defectos. Esto garantizará la durabilidad de los equipos y reducirá rechazos por fallas técnicas.

d. Fortalecer el sistema de Sales and Operations Planning (S&OP), consolidando la integración de la demanda y la capacidad instalada, asegurando que la programación de la producción esté alineada con los requerimientos del mercado, lo que reducirá los problemas de calidad y tiempos de entrega.
e. Desarrollar un tablero de control de KPIs, implementando un sistema digital que centralice indicadores clave como tasa de merma, tiempos de ciclo, costos de reproceso y cumplimiento de estándares ASTM, permitiendo una gestión en tiempo real de la producción.
f. Aplicar control estadístico de procesos (SPC), para que monitoreen la variabilidad de la producción mediante cartas de control y herramientas de SPC, con el fin de detectar oportunamente desviaciones y tomar medidas correctivas inmediatas.
g. Fomentar la cultura de mejora continua, incorporando prácticas de Lean Manufacturing y 5S para fortalecer la disciplina operativa, reducir desperdicios y promover la participación activa de los trabajadores en propuestas de mejora.
h. Priorizar la sostenibilidad en la producción, incorporando materiales alternativos y reciclados en la mezcla de concreto, con el objetivo de reducir el impacto ambiental del uso de cemento, alineando la empresa con las tendencias de sostenibilidad del sector construcción.
i. Realizar auditorías internas periódicas, ejecutando estas auditorías de procesos cada trimestre para verificar el cumplimiento de estándares de calidad, identificar áreas de mejora y asegurar la sostenibilidad de los resultados obtenidos en esta investigación.

j. Validar resultados con nuevas tandas de producción, Ampliando el análisis a más órdenes de producción en distintos periodos del año, lo que permitirá confirmar la estabilidad del sistema bajo diferentes condiciones y estacionalidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arispe, Yangali, Guerrero, Lozada, Acuña & Arellano (2020). La investigación científica una aproximación para los estudios de posgrado. Editado y publicado por Universidad Internacional del Ecuador. Guayaquil Ecuador.

Azang, J. (2017). Análisis comparativo de concretos fabricados de acuerdo a la técnica de diseño “Práctica estándar de selección de proporciones de concreto de peso normal, pesado y masivo (ACI 211.1)” (Tesis de grado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto). Recuperado de http://hdl.handle.net/11458/3029

Barnes, R. M. (1980). Motion and time study: Design and measurement of work (7th ed.). John Wiley & Sons.

Bravo J. (2009). Gestión de Procesos (Con Responsabilidad Social) desde la mejora hasta el rediseño. Editorial Evolución SA. Santiago – Chile.

Caba, Chamorro, Fontalvo (2011). Gestión de la Producción y Operaciones. Corporación para la Gestión del Conocimiento Asesores del 2000. Colombia.

Curasi Alvarez, L. B. (2018). *Planificación de la capacidad para la optimización de los procesos de producción en la planta de agregados Oropesa – Concretos Supermix S.A. – Cusco 2018* (Tesis de maestría, Universidad César Vallejo). Recuperado de https://hdl.handle.net/20.500.12692/34042

Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2009). Operations management for competitive advantage (11th ed.). McGraw-Hill.

Chinome Giraldo, C. A. (2022). *Modelo para especificar, ejecutar y controlar la impermeabilización de cubiertas en concreto reforzado de tipo plana construidas en la ciudad de Bogotá* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional

de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UNACIONAL2_af823c36aed978c1a97b818570d82cbb

Chen, J.-H., Yan, S., Tai, H.-W., & Chang, C.-Y. (2017). Optimizing profit and logistics for precast concrete production. Canadian Journal of Civil Engineering, 44(6), 393–406. https://doi.org/10.1139/cjce-2016-0401

Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Supply chain management: Strategy, planning, and operation (6th ed.). Pearson.

Crosby, P. B. (1979). *Quality is free: The art of making quality certain*. McGraw-Hill.

Drucker, P. F. (2004). The practice of management. Harper Collins.

Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Press.

Gamboa Chamba, E. D. (2022). *Estudio de mampuestos a base de la reutilización de desechos producto de demoliciones encontrados en los diferentes botaderos del cantón Ambato, provincia de Tungurahua* (Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador). Recuperado de https://repositorio.uta.edu.ec/items/9e938f12-e449-432e-8809-3d8190555a60

Gerencia Universidad de Cantabria (2016). Manual Gestión por Procesos. Universidad de Cantabria, Santander – España.

Gómez I. Brito J., Guerrero Martha., Vanoni G., Gómez A. y Zapata J. (2020). Administración de Operaciones. UIDE Universidad Internacional del Ecuador.

Guevara Conlago, J. B., & Jordán, J. D.-T. (2014). El posicionamiento de los productos prefabricados Santa Elena para satisfacer las necesidades de los contratistas en la provincia de Tungurahua (Tesis de tercer nivel—Ingeniera de Empresas). Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato,

Ambato, Ecuador. Recuperada de https://repositorio.uta.edu.ec/items/a52f6325-93cf-4bae-a7ce-0ebdfb3cf4da

Gutiérrez, A. (2016). Plan estratégico de Ingeniería y Prefabricados de Concreto S.A.C. 2016 al 2018 (Tesis de Magíster en Administración de Negocios). Universidad Perú. Recuperado de https://repositorio.up.edu.pe/item/8087e7e6-6f48-49c8-bb1b-433117e28df4

Heizer, J., & Render, B. (2014). Operations management (11th ed.). Pearson.

Hincapié, Á., & Montoya, Y. (2005). *La microestructura de los prefabricados de concreto*. Revista Universidad EAFIT, 41(140), 95-105. Recuperado de https://repository.eafit.edu.co/bitstreams/0103f643-f23b-4b84-8bfa-ccf0ed1fcaca5/download

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC). (2006, marzo). Las posibilidades del concreto. Bloques, para hacerlos mejor. Construcción y Tecnología, (214), 12–15. Recuperado de http://www.imcyc.com/ct2006/marzo06/POSIBILIDADES.pdf

Jiménez G. (2009). Optimización. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's quality handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). The balanced scorecard: Translating strategy into action. Harvard Business School Press.

Krajewsky, L. (2008). Administración de Operaciones. Pearson Educación. México.

Marr, B. (2012). Key performance indicators (KPI): The 75 measures every manager needs to know. Pearson.

Molina, Lara, Sánchez (2023). Desarrollo de bloques de concreto liviano utilizando residuos de construcción y demolición, y cenizas de termoeléctrica, Revista

Colombiana de Tecnologías de Avanzada. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Montoya Cevallos, A. S. (2019). Optimización en la producción de la planta de elementos prefabricados de concreto AB Proveedores, implementada para el caso específico de cajas de concreto del estándar 30 × 40 × 70 cm con grado de resistencia 175 kg/cm² (Tesis de título profesional, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo). Recuperado de https://hdl.handle.net/20.500.12893/3760

Mena, J. (2007). *Optimización del montaje de estructuras prefabricadas de concreto* (Proyecto final de graduación, Licenciatura en Ingeniería en Construcción). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción. Recuperado de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6039/optimizaci%C3%B3n-montaje-estructuras-prefabricadas.pdf?isAllowed=y&sequence=1

Neyra, N., Cabanillas, J., & Noriega, E. (2023). Optimización del diseño de una columna de concreto armado mediante el algoritmo de Simulated Annealing, Perú (Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo). Repositorio Institucional UCV. https://hdl.handle.net/20.500.12692/126976

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). Methods, standards, and work design (12th ed.). McGraw-Hill.

Parmenter, D. (2015). Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Patton, M. Q. (2008). Utilization-focused evaluation (4th ed.). Sage Publications.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s. f.). ABC para la fabricación de bloques, losas canal y mosaicos (Reconstruyendo Mejor – Guantánamo; coordinación: R. Mesias González; contenidos: L. Rodríguez Lora; edición: D.

Kindelán y K. Monferrer Chávez). https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-10/Manual%20t%C3%A9cnico%20ABC%20para%20la%20PLMC.pdf

Pérez Santamaría, S. P., & Soplin Diápiz, L. C. (2022). Propuesta de aplicación de elementos prefabricados de concreto armado para mejorar la productividad en la construcción de edificios multifamiliares en Lima (Tesis de grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de http://hdl.handle.net/10757/659286

Pérez Machado, L., Meireles Tamayo, B., Fuentes Alpízar, D., Peña Mijenes, C., & Alonso Aenlle, A. (2022). Empleo de adoquines de concreto en la construcción de pavimentos. Revista Arquitectura e Ingeniería, 16(2), 1-11. Recuperado de https://www.redalyc.org/journal/1939/193971847007/html/

Perú Construye. (2018, marzo). Piezas tecnológicas que optimizan la construcción. Perú Construye. Recuperado de https://www.peruconstruye.net/wp-content/uploads/2018/03/ELEMENTOS-PREFABRICADOS.pdf

Render y Heizer (2007). Administración de la Producción. Pearson Prentice Hall. Mexico.

Santacruz, W., & Velasteguí Zambrano, E (2018). *Determinación de dosificación para elaborar bloques huecos de hormigón que cumplan con la actual norma INEN 3066* (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19369

Sotomayor Cruz, C. (2020, marzo). Entendiendo a las fisuras y grietas en las estructuras de concreto (Artículo técnico N.º 6). ConsultC RETO – Consultoría de Construcción y Estructuras. Recuperado de https://consultcreto.com/wp-

content/uploads/2024/12/ENTENDIENDO-A-LAS-FISURAS-Y-GRIETAS-EN-LAS-ESTRUCTURAS-DE-CONCRETO.pdf

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). Operations management (6th ed.). Pearson.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2008). Designing and managing the supply chain (3rd ed.). McGraw-Hill.

Stufflebeam, D., & Shinkfield, A. (2007). Evaluation theory, models, and applications. Jossey-Bass.

Taylor, F. W. (1911). The principles of scientific management. Harper & Brothers.

Wallace, T. F., & Stahl, R. A. (2008). Sales & operations planning: The how-to handbook (3rd ed.). T.F. Wallace & Company.

ANEXOS

Anexo 01: Evaluación Turnitin

Gestión de Procesos para optimizar la producción de prefabricados de concreto vibrocompactado en una empresa concretera de Lima 2023-2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	15%	4%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

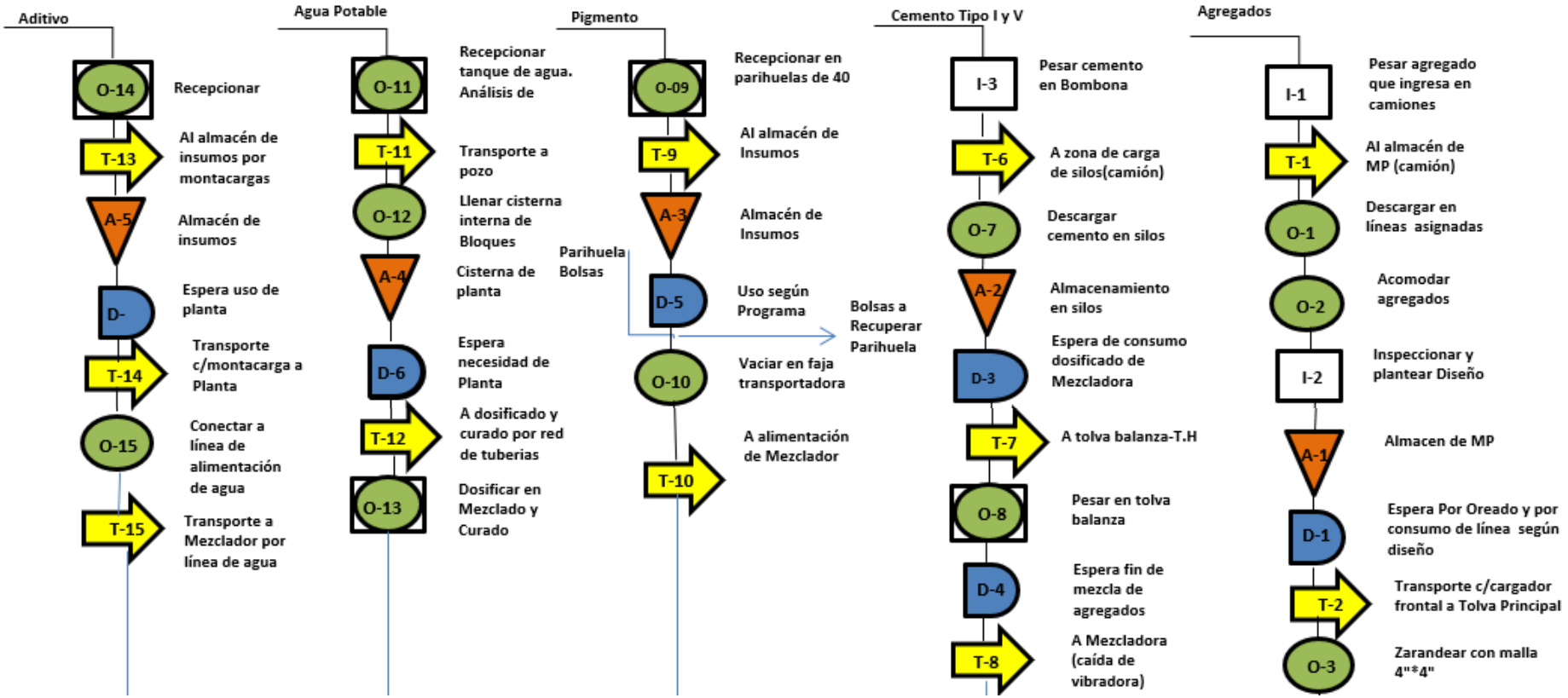
1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ulatina.ac.cr Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	www.unicon.com.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
9	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1%
10	1library.co Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
12	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
13	www.escuelaeuropeaexcelencia.com Fuente de Internet	<1%
14	www.rte.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
	revista.uct.edu.pe	

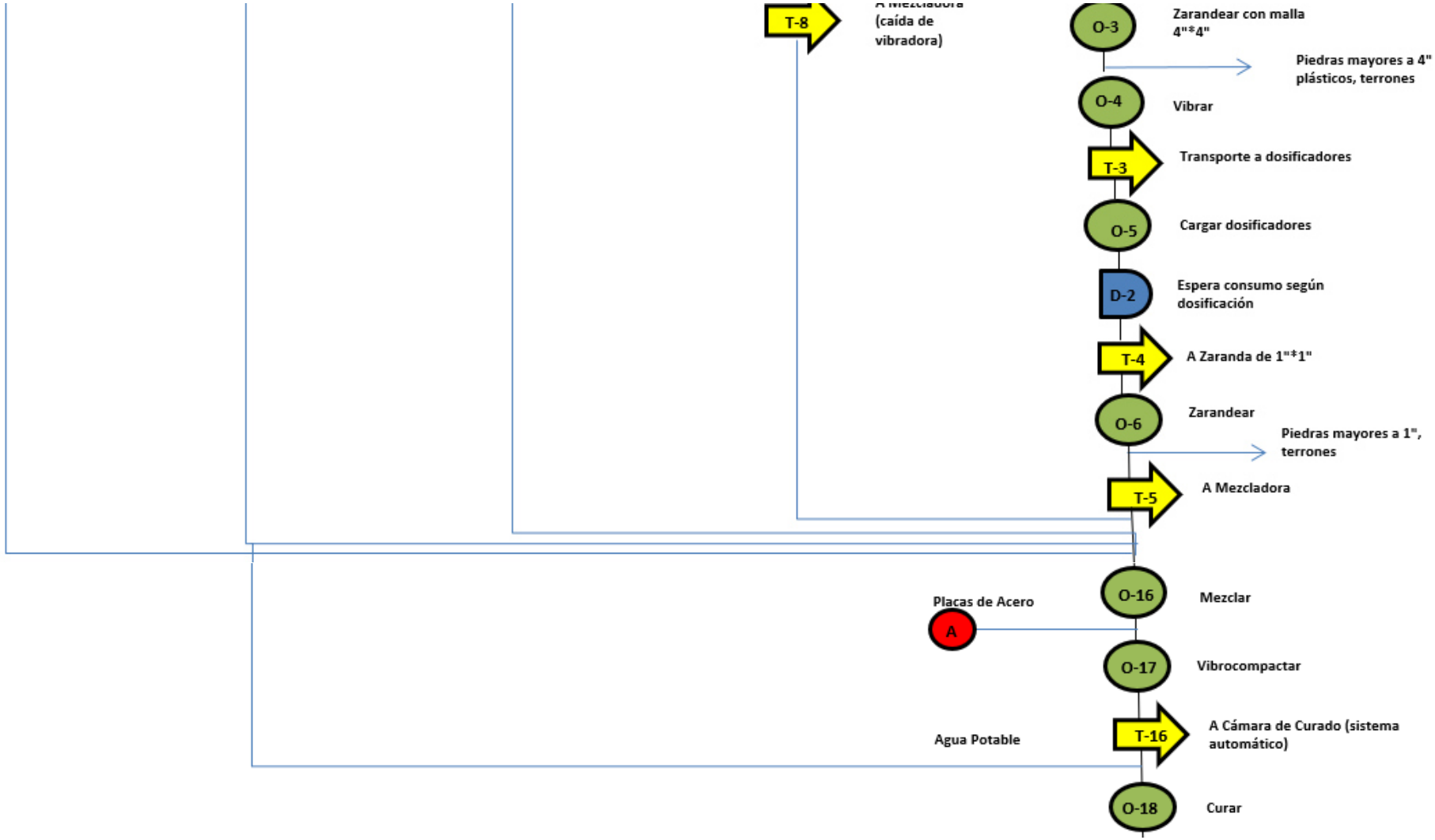
Anexo 02: Diagrama de actividades del proceso de obtención de bloques

ANEXO N° 02

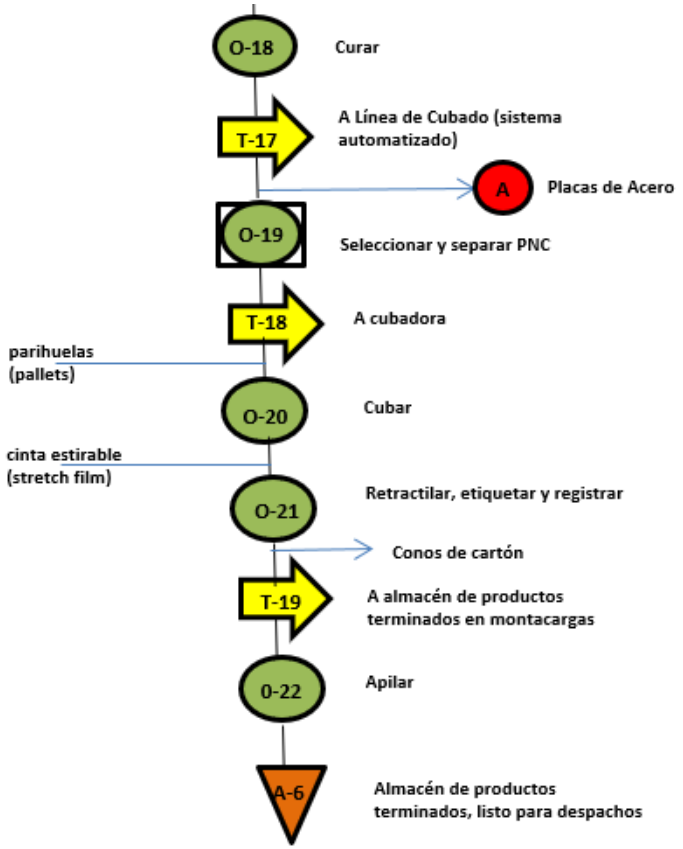
DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE BLOQUES Y ADOQUINES - PLANTA CAJAMARQUILLA

Asunto:	ESQUEMATIZAR	**Proceso:**	PRODUCCIÓN DE BLOQUES Y ADOQUINES
Unidad de Negocio	BLOQUES II	**Método:**	ACTUAL
Área:	PRODUCCIÓN	**Fecha:**	12/01/16
Aprobado por:		**Realizado por:**	GERMÁN CUSQUISIBAN

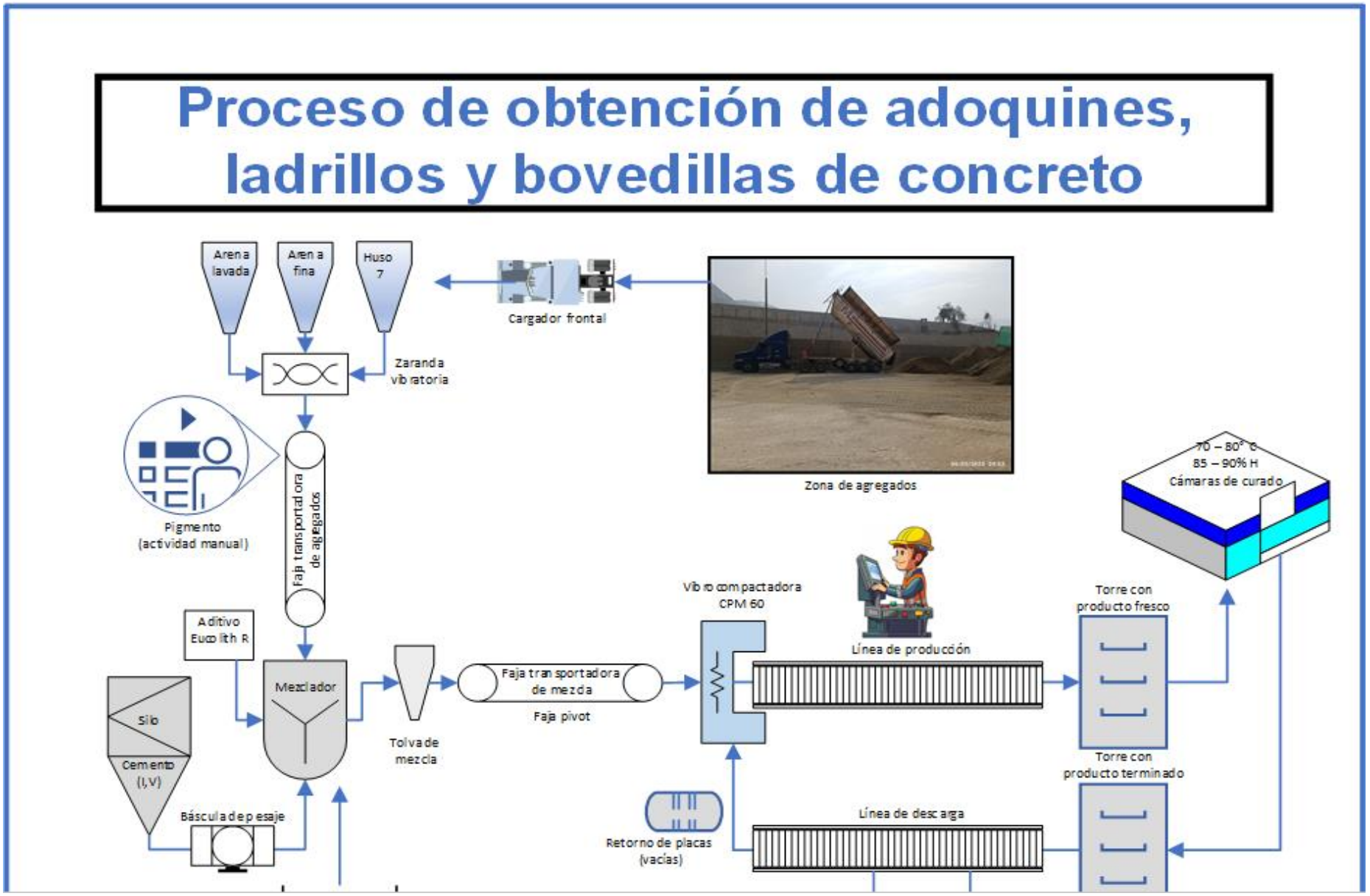


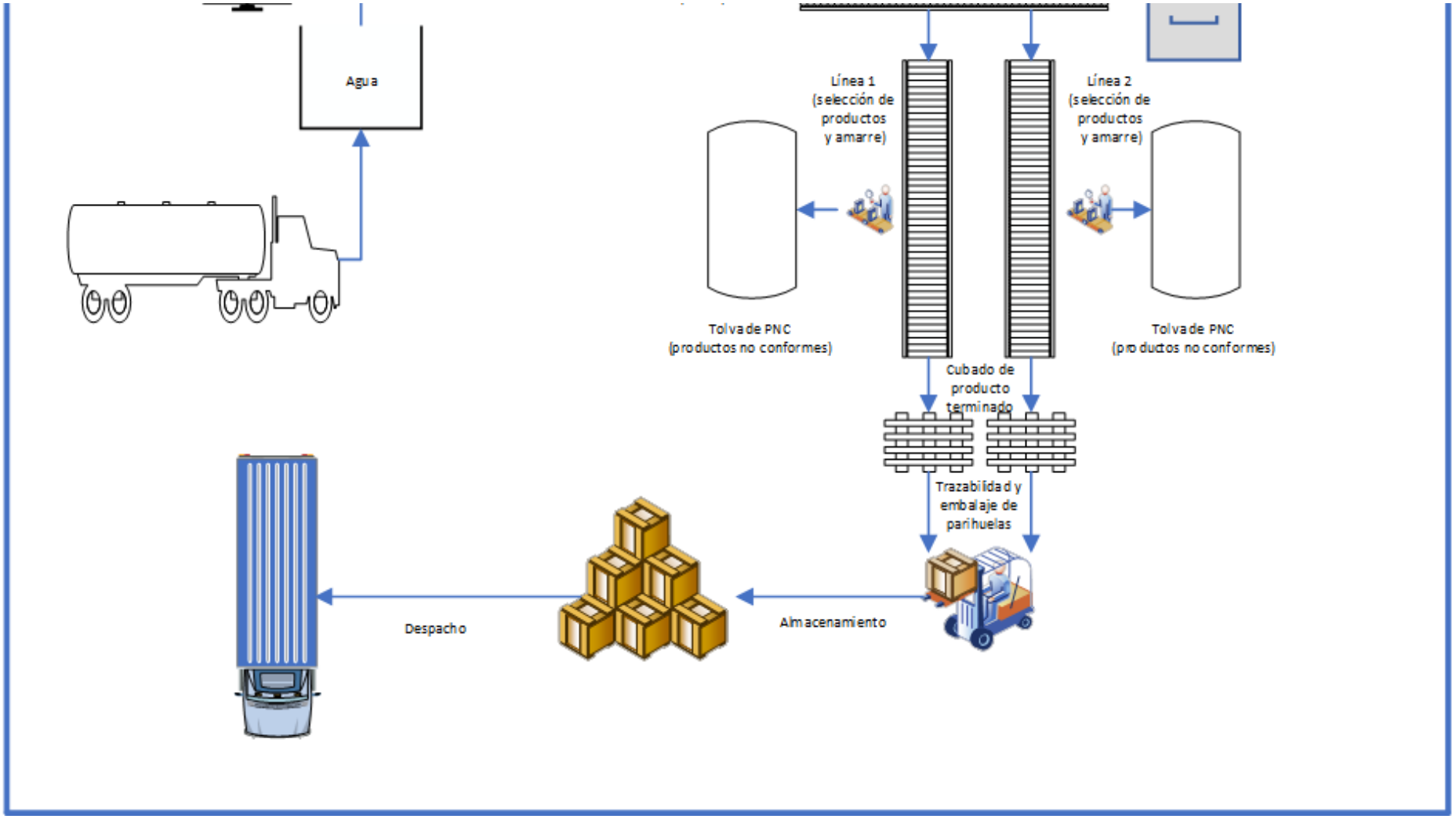

T-8
(caída de vibradora)
O-3
Zarandear con malla 4"*4"
Piedras mayores a 4" plásticos, terrones
O-4
Vibrar
T-3
Transporte a dosificadores
O-5
Cargar dosificadores
D-2
Espera consumo según dosificación
T-4
A Zaranda de 1"*1"
O-6
Zarandear
Piedras mayores a 1", terrones
T-5
A Mezcladora
Placas de Acero
A
O-16
Mezclar
O-17
Vibrocompactar
Agua Potable
T-16
A Cámara de Curado (sistema automático)
O-18
Curar

RESUMEN	
Actividad	Número
●	22
■	9
➡	19
▼	6
◗	7
Total	63



Anexo 03: proceso de producción.




Agua
Línea 1
(selección de
productos
y amarre)
Línea 2
(selección de
productos
y amarre)
Tolva de PNC
(productos no conformes)
Tolva de PNC
(productos no conformes)
Cubado de
producto
terminado
Trazabilidad y
embalaje de
parihuelas
Despacho
Almacenamiento

Anexo 04: Descripción del proceso

4.1 Recepción de agregados



4.2 Ensayos y/o pruebas de laboratorio con agregados



4.3 Recepción de cemento



4.4 Agregados hacia tolvas



4.5 Dosificación de agregados, cemento, aditivo y agua a través del PLC y control de humedad de mezcla



4.6 Dosificación manual de pigmento



4.7 Mezclador







4.8 Vibrocompactadora CPM 60, proceso de moldeo





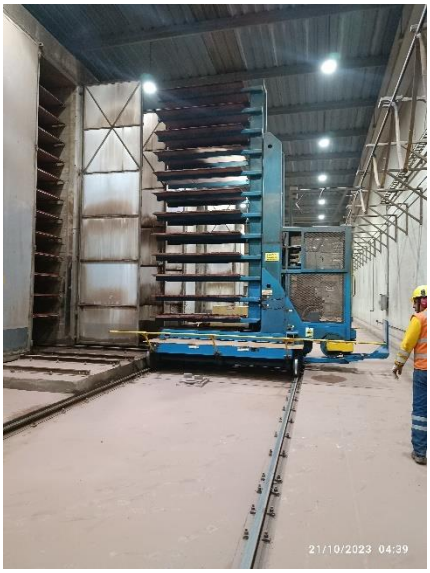




4.9 Carro transportador, con producto fresco hacia las cámaras de curado







4.10 Cámaras de curado







4.11 Selección y cubado







4.12 Almacenamiento



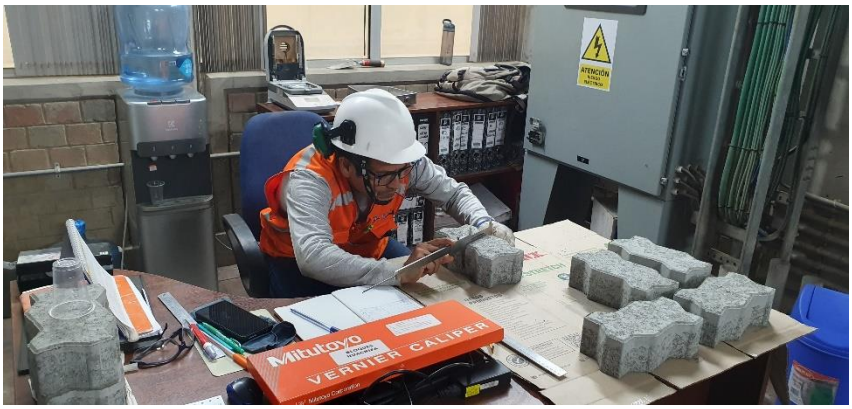




4.13 Ensayos de resistencia y mediciones de dimensiones físicas







Anexo 05: Control diario de parámetros de producción

5.1 Registro de parámetros por hora

UNICON			PROCESOS															
			Faja agregado	Dosif. de aditivos	Faja pivot (mezcla)	Moldeo			Transporte de producto fresco									
		CONTROL	% H	Aditivos	% H	Compactado	#Placas		Altura		Absorción		Masa (Kg)		Densidad (p)			
		INSTRUMENTO	Termobal.	Visual	Termobal.	Visual	Manual		Regla		Tapa c/agua		Balanza					
		FRECUENCIA	1 a 2	1 a 2	C/1 hora	C/1 hora	1 a 2		C/1 hora		C/1 hora		C/1 hora		C/1 hora			
FECHA	TURNO	RANGO ACEPTACIÓN	≤9%	Londres 2499 ml	Londres 6.0 < X ≤ 8.6	Londres 2.0°< X ≤ 3.5°	Londres : 30±2		± 1.5 mm		≥ 10 seg		Londres ≥ 4.5 Kg		Londres ≥ 2.31 g/cm³			
		HORA	%	(ml)	%	Min.	Máx.	Cant. x mezcla	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Adelante	Atrás	Adelante	Atrás	Observaciones	
29/12/23	DÍA	7:00 - 8:00																
		8:00 - 9:00																
		9:00 - 10:00	8.5%		7.44%	2.18	3.44		7.80	8.20	15	60	4.53	4.68	2.42	2.45	Buen acabado. Variación en alturas	
		10:00 - 11:00															Parada por falla en QBR2	
		11:00 - 12:00			7.05%	2.63	3.31		7.80	8.20	30	40	4.60	4.74	2.37	2.41	Buen acabado. Variación en alturas	
		12:00 - 13:00	8.3%	2450	6.54%	2.52	3.19		7.80	8.01	50	60	4.58	4.70	2.39	2.42	Buen acabado. Alturas con menor variación	
		13:00 - 14:00			7.11%	2.36	3.46		7.75	8.10	15	40	4.52	4.66	2.38	2.40		
		14:00 - 15:00			6.64%	2.66	3.28		7.90	8.15	14	50	4.42	4.48	2.33	2.36	Porosidad en varias placas de una mezcla. Se limpió enrasador	
		15:00 - 16:00			6.84%	2.90	4.18		7.70	8.10			4.41	4.43	2.30	2.31	Alturas muy variables	
		16:00 - 17:00			7.05%	2.17	2.85		7.70	8.20	25	40	4.53	4.58	2.39	2.42	Alturas muy variables	
		17:00 - 18:00															Se para producción para corregir los problemas de altura	

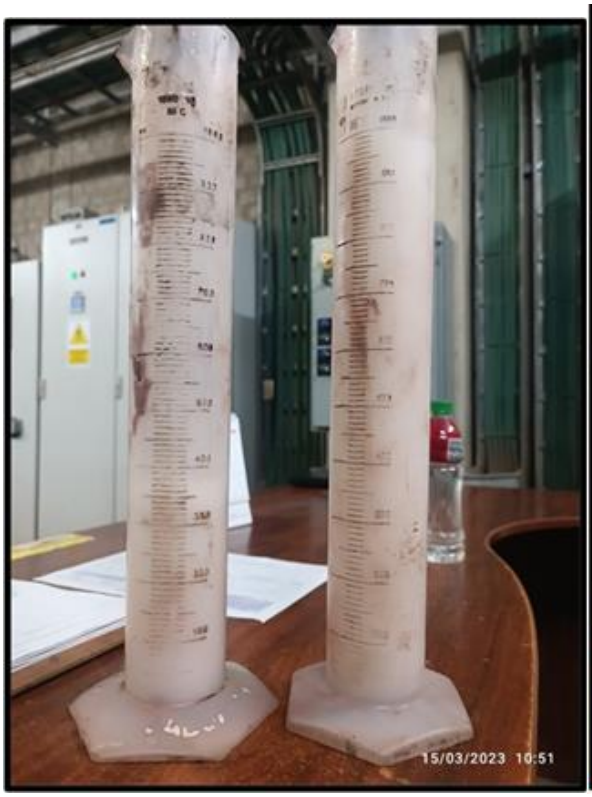
ADOKING LONDRES DE 8; TIPO 1; 55 MPa

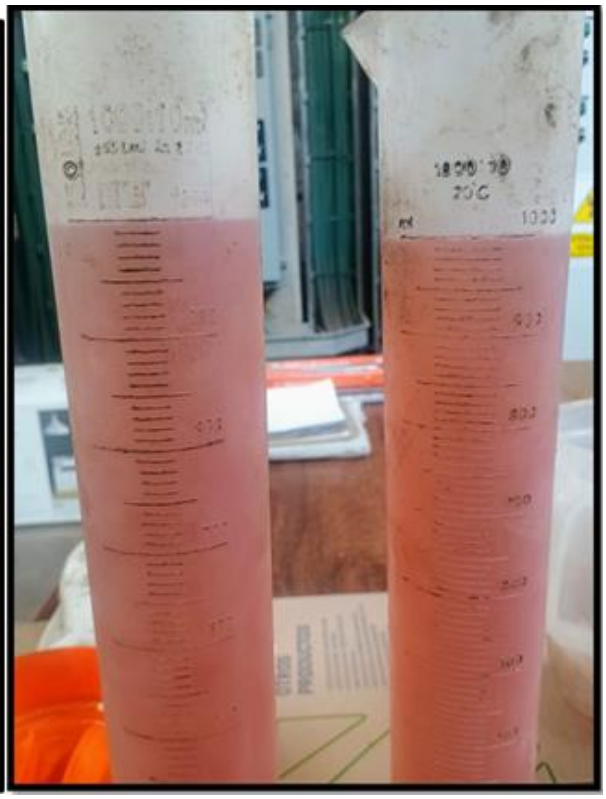
5.2 Control de humedad de agregado y mezcla





5.3 Revisión de dosificación de aditivos, según diseño de mezcla





5.4 Control de masa y densidad en producto fresco



5.5 Prueba de absorción.

Se vierte agua en el bloque fresco, usando una tapa de botella. El objetivo es ver la mayor permanencia posible del agua, sobre la superficie del producto recién moldeado, lo que nos indica si la densidad del producto es correcta.

Se considera aceptable cuando el agua permanece por más de 10 segundos Muestrear 4 placas por hora, tomando un adoking al azar (por placa).



5.6 Control de altura



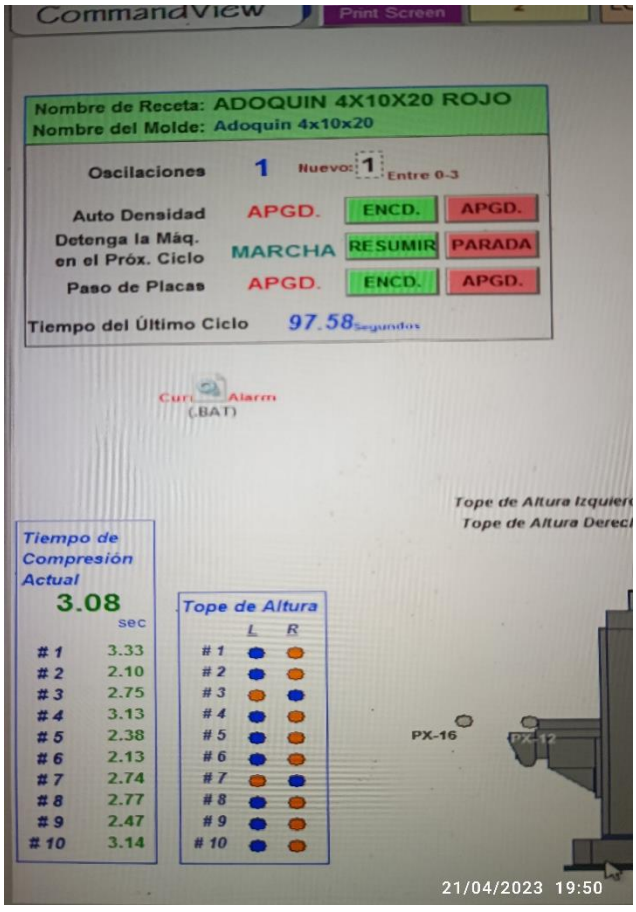


5.7 Inspección visual del acabado, en producto fresco

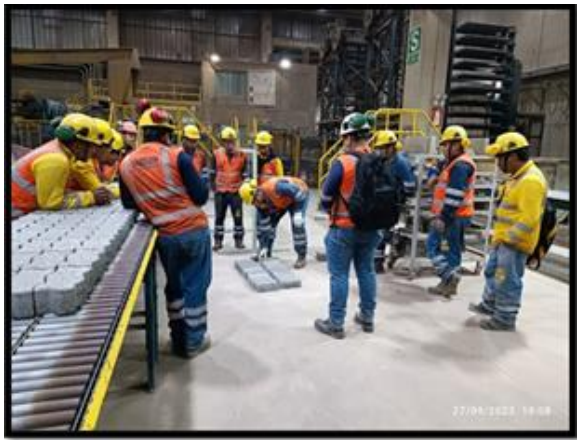




5.8 Control de tiempos de compresión a través del programa, enlazado al PLC



Anexo 06: Unificación de criterios de selección de producto terminado



Tipos de defectos	Imagen Adoquines
Esquina rota	
Objeto ajeno al Concreto	
Color No definido , Manchas	
eflorecencia	
Mal Acabado, Textura y Borde Irregular	
Bordes irregulares	
Exceso de Humedad	
Exceso porosidad	

Anexo 07: Control de moldes (dimensiones, dureza y deformaciones)







Anexo 08: Ahorro de tiempo y costos en el proceso de mantenimiento.

	Procedimiento sistema actual			Procedimiento sistema mejorado		
Ítems	TIEMPO		DESCRIPCIÓN	TIEMPO		DESCRIPCIÓN
1	5	min	Ubicación del equipo en el área de trabajo	3	min	Ubicación del equipo en el área de trabajo
2	5	min	Realizamos la prueba al equipo para determinar el grado de la falla.	3	min	Realizamos la prueba al equipo para determinar el grado de la falla.
3	7	min	acondicionamiento de los equipos en fallas para el proceso de revision técnica	4	min	acondicionamiento de los equipos en fallas para el proceso de revisión técnica
4	10	min	Primeras inspecciones	7	min	Primeras inspecciones
6	15	min	Desalojo de pernos para el desmontaje.	10	min	Desalojo de pernos para el desmontaje.
8	25	min	Desmontaje de capas de protección	20	min	Desmontaje de capas de protección
	35		Revisión a fondo	20	min	Revisión a fondo
	30		Corrección de la falla	20	min	Corrección de la falla
	20		Armado de capas de protección	10	min	Armado de capas de protección
	10		Montaje de pernos	8	min	Montaje de pernos
20	10	min	Prueba del trabajo terminado en simulación	8	min	Prueba del trabajo terminado en simulación
21	12	min	Entregar el equipo, recojo, limpieza y ordenar las herramientas usadas.	8	min	Entregar el equipo, recojo, limpieza y ordenar las herramientas usadas.
TOTAL	184	min		121	min	

Anexo 09:

MATRIZ DE CONTROL DE PROCESOS - PLANTA DE BLOQUES CAJAMARQUILLA

Proceso	Control	Objetivo	Responsable	Frecuencia	Forma de muestrear	Instrumento	Rango o criterio de aceptación	Acción a tomar
Carga en cantera	Informe de humedad y arcilla	Verificar el informe del responsable de laboratorio de cantera	Laboratorio	1 vez por día (al inicio)	Analizar de la zona de arena de Bloques a enviar el mismo día	Método según norma, en laboratorio de cantera	<4% de arcilla y <10% humedad	Coordinar los envíos de 1 a 3 unidades de vehículos si son aceptados de acuerdo al informe presentado por cantera.
Recepción de camiones	Humedad, Arcilla	Descartar llegada de camiones con altas humedades y arcilla	Operador de cargador frontal	1 vez por día	El primer camión del día, tomar una muestra	Visual y horno	<4% arcilla y <10% humedad	Aviso inmediato a cantera para corregir en el día. Descarga en zona identificada. Ver posibilidad de no generar pedido
Recepción de agregados	Granulometría	Evaluar si se requiere ajuste de diseño	Laboratorio Bloques	1 vez por día	Según norma	Tamices y máquina	Según módulo de fineza de diseño teórico	Si hay cambio, avisar a Jefe de Desarrollo de Producto y Jefe de Operaciones

Proceso	Control	Objetivo	Responsable	Frecuencia	Forma de muestrear	Instrumento	Rango o criterio de aceptación	Acción a tomar
Carga de agregados	Homogenización de Agregados	Asegurar reducción de variabilidad de humedad de lo que entra a planta	Operador de Cargador Frontal	Cada vez que va cargar tolvas	Revisar zona a cargar	Visual	No definido	Homogenizar para reducir humedad y granulometría, si detecta (visualmente) mayor humedad, dar aviso inmediato al técnico de control de procesos, para que haga la verificación
			Técnico de Procesos	3 veces por día	Revisar faja de agregados y trabajo de operador de cargador	Visual	Operador debe cumplir función	Informar a operador principal
Faja de agregados	Humedad	Asegurar funcionamiento correcto de dosificación	Técnico de Procesos	2 veces al día	Coger aproximadamente 20g de arena, y llevarlo al equipo, para el cálculo de humedad.	Termobalanza	≤9%	Aviso inmediato a supervisor, si se detectan cambios no reportados por operador de cargador frontal.

Proceso	Control	Objetivo	Responsable	Frecuencia	Forma de muestrear	Instrumento	Rango o criterio de aceptación	Acción a tomar
Zarandeo	Saturación de zaranda	Asegurar que no se reduzca el flujo de agregado y cambio en dosificación diseñada	Técnico de Procesos	1 vez cada 2 horas	Inspeccionar la zaranda	Visual	Debe pasar con mínimo de restricción	Dar aviso al operador de cargador frontal, para su limpieza, si se ve saturación en la malla
Dosificación	Pesado de cemento	Asegurar dosificación de cemento según diseño	Operador de Planta	1 vez por semana	Comprobación con pesas	Tolva balanza	Error de 0.1%	Calibrar balanza o analizar si la celda se ha dañado
	Aditivos	Asegurar dosificación de aditivo según diseño	Operador de Planta	1 vez por día	Comprobación de flujo y la cantidad correcta	Visual	De acuerdo a diseño	Avisar a operador para la corrección respectiva
	Dosificación agregados	Asegurar dosificación según diseño	Supervisor	2 veces por día	Observar en panel mate y en pantalla de Cardinal	Visual	De acuerdo a diseño	Avisar a supervisor de planta
	Calibración de compuertas	Asegurar dosificación de agregado según diseño	Laboratorista	1 vez por mes	Calibración de compuertas	Peso	De acuerdo a diseño	Comunicar a operador y Supervisor de planta

Proceso	Control	Objetivo	Responsable	Frecuencia	Forma de muestrear	Instrumento	Rango o criterio de aceptación	Acción a tomar
Traslado en faja pivot	Humedad	Asegurar que la dosificación de agua está funcionando bien y la mezcla no está seca	Técnico de Procesos	cada hora una vez	Coger aproximadamente 20g de mezcla, y llevarlo al equipo, para el cálculo de humedad	Termobalanza	7%<x<=8.5%	Si es menor a 7 % ó mayor a 8.5% descartar
			Supervisor	2 veces por día	Coger aproximadamente 20g de mezcla, y llevarlo al equipo, para el cálculo de humedad	Termobalanza	7%<x<=8.5%	Si es menor a 7 % ó mayor a 8.5% descartar
	Textura de alfombra	Asegurar mezclado y homogenización sin grumos	Operador de Soporte	cada hora una vez	Subir a la faja y observar	Manual	6min<=x<=12min	Si excede los 12 min descartar la mezcla parado
			Técnico de Procesos	4 veces por día	Subir a la faja y observar	Manual	6min<=x<=12min	Si excede los 12 min descartar la mezcla parado
	Cada vacío en faja	Asegurar homogeneidad en el llenado	Operador	Cada vez que hay discontinuidad y cada final de mezcla cuando se acaba producción	Revisar absorción e inspección visual y de alturas (la absorción solo se realiza en adoquines)	Manual	<20cm de espacio entre mezcla y mezcla	Desechar placas con PNC mayores a: Adoquines 10 unids Ladrillos 9 unids Bovedillas 3 unids

Proceso	Control	Objetivo	Responsable	Frecuencia	Forma de muestrear	Instrumento	Rango o criterio de aceptación	Acción a tomar
Alimentación a cajón Alimentador	Centrado de caída y dispersión en toda la grilla	Asegurar llenado homogéneo y similar resistencia en toda la placa	Operador de Soporte	cada hora una vez	Medir abertura del enrazador	Manual	1/8" - 3/4" de acuerdo al producto en producción	Corregir altura y ajustar bien pernos de ajuste
					Verificar limpieza del agitador	Visual	Libre de impregnaciones de cemento	Realizar la limpieza
Moldeo	Compactación	Asegurar dimensiones y acabado óptimo	Técnico de Procesos	10 placas por hora	Tomar las medidas de 3 productos por placa y registrar para el control estadístico de procesos. Revisar tiempo de vibración	Regla de tope y visual	±1.5 mm de altura por producto. Vibración de 1 a 3.5 seg	Comunicar al operador para la corrección
		Asegurar compactación	Técnico de Procesos	cada hora una vez	Con la tapa de una botella de agua o gaseosa aplicar el equivalente a 10 gotas y observar 10 segundos que el agua no se haya absorbido por completo (solo en adoquines), presionar fuertemente la superficie, el producto no debe desmoronarse.	Visual	Duración del agua en la superficie ≥ 10 segundos	Comunicar al operador para la corrección

Proceso	Control	Objetivo	Responsable	Frecuencia	Forma de muestrear	Instrumento	Rango o criterio de aceptación	Acción a tomar
	Segregación	Asegurar el acabado superficial	Operador y Laboratorista	cada hora una vez	Estimar el porcentaje de piedras en el diseño - Verificar velocidades y tiempos de vibración	Visual	>7mm piedra	Ver posibilidad de reajustar % de piedras en diseño y/o mezclar con otras líneas - controlar las velocidades y tiempo de vibración
	Conteo de placas	Asegurar que la dosificación es correcta	Operador	2 veces por turno	Comprobación de flujo correcto	Cálculo manual	Debe coincidir con diseño	Corregir número de vueltas
Transporte de producto fresco	Fisuras por transporte	Asegurar que en el producto no se formen fisuras	Operador	6 veces por hora	Revisar el transporte de las placas	Visual	0% de fisuras	El supervisor debe corregir las velocidades del transportador de placas
Curado	Parámetros de curado	Asegurar el cumplimiento de resistencia en la pieza	Supervisor, Operador	1 vez por turno	Revisar en el panel de curado	visual	Según temporada	Corregir si no cumple con los parámetros establecidos

Proceso	Control	Objetivo	Responsable	Frecuencia	Forma de muestrear	Instrumento	Rango o criterio de aceptación	Acción a tomar
Estiba	Producto no conforme	Asegurar estiba de productos de calidad	Operador de Soporte	Cada 45 min	Inspeccionar el trabajo en línea	Visual	Libre de defectos	Comunicar al supervisor para la corrección del pallet observado y piezas observadas
		Asegurar productos de buena apariencia	Operario y Ayudante de Línea	Cada 45 min	Revisar que cumplan acabados según mostrario de productos	Visual	Libre de defectos	Comunicar al supervisor para asegurar que se esté rechazando correctamente
Almacenado	Inventario producido	Identificación y localización de pallets por fecha producida	Operador de Montacarga	Cada turno	Conteo y ubicación por fechas	Manual	Cada pallet en su fecha de producción y con nombre de operador	Corregir la ubicación en la zona identificada para cada tipo de producto
		Registrar cantidad y productos producidos por fecha	Operador de Montacarga	Cada turno	Conteo de producción por fecha y producto	Manual	Número de pallet por producto y fecha	Revisar el cuaderno de apuntes y comprobar las cantidades