



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL
MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA
HIDRATADORA Y LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN
MANUFACTURING EN LA EMPRESA INCOREG UBICADA EN
EL CANTÓN RIOBAMBA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES: CRISTHIAN ANDRÉS AGUILAR SILVA

ALEX VINICIO RAMÍREZ TIERRA

DIRECTOR: Ing. ÁNGEL GEOVANNY GUAMÁN LOZANO

Riobamba-Ecuador

2021

©2021, Cristhian Andrés Aguilar Silva; & Alex Vinicio Ramírez Tierra

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

Nosotros, **Cristhian Andrés Aguilar Silva y Alex Vinicio Ramírez Tierra**, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados de los mismos son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de marzo de 2021

Alex Vinicio Ramírez Tierra
060475156-0

Cristhian Andrés Aguilar Silva
060336286-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: proyecto técnico, **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA HIDRATADORA Y LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA INCOREG UBICADA EN EL CANTÓN RIOBAMBA”**, realizado por los señores: Alex Vinicio Ramírez Tierra y Cristhian Andrés Aguilar Silva, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Homero Almendáriz Puente PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MARCO HOMERO ALMENDARIZ PUENTE	2021-03-04
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: ANGEL GEOVANNY GUAMAN LOZANO	2021-03-04
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: EDUARDO FRANCISCO GARCIA CABEZAS	2021-03-04

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mi padre , madre y hermano quienes estuvieron junto a mi brindandome el apoyo necesario a cada instante, quienes fomentaron en mi los deseos de superación y responsabilidad para llegar a culminar mi profesión.

Cristhian

El presente trabajo de titulación lo dedico a mi familia y a todas las personas que fueron parte de mi formación profesional, aquellos que me apoyaron y brindaron su ayuda a lo largo de esta etapa para que esta meta se realice con éxito.

Alex

AGRADECIMIENTO

Agradesco a mis seres queridos quienes estuvieron siempre junto a mi para brindarme su apoyo incondicional cuando mas lo necesite, de igual manera a mis amigos y compañeros que me apoyaron de alguna u otra manera para asi culminar con gran éxito esta etapa de mi vida. Agradezco a la Carrera de Ingenieria Industrial, asi como tambien a sus docentes quienes brindaron sus conocimientos y apoyo incondicional en mi formacion profesional.

Cristhian

Agradezco a mi familia que fue el pilar fundamental en este ciclo muy importante de mi vida, que siempre supieron inculcarme con los mejores principios y valores para ponerlos en práctica no solo en la fase estudiantil sino también en la vida diaria, agradezco también a los docentes que supieron aportar con grandes sus conocimientos y consejos durante esta formación y finalmente a mis amigos y demás personas que supieron aportar con ideas, conocimientos y consejos útiles en mi formación profesional.

Alex

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	I
1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Alcance del problema.....	2
1.3. Delimitación del problema.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
CAPÍTULO	II
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Marco teórico.....	7
2.2.1. <i>Caliza</i>	7
2.2.2. <i>Tipos de cal</i>	7
2.2.3. <i>Proceso de obtención de la cal</i>	7
2.2.4. <i>Propiedades de la cal</i>	8
2.2.5. <i>Usos y aplicaciones de la cal</i>	9
2.2.6. <i>Normas para la fabricación de maquinarias</i>	9
2.2.7. <i>Sistemas de transmisión</i>	10
2.2.8. <i>Motores eléctricos</i>	11
2.2.9. <i>Definición de Lean Manufacturing</i>	12
2.2.10. <i>Objetivos de Lean Manufacturing</i>	12
2.2.11. <i>Principios de Lean Manufacturing</i>	13

2.2.12.	<i>Despilfarro o desperdicio</i>	14
2.2.13.	<i>Herramientas de Lean Manufacturing</i>	15
2.2.14.	<i>Mapeo de la cadena de valor (VSM)</i>	15
2.2.15.	<i>Beneficios del VSM</i>	15
2.2.16.	<i>Simbología del VSM</i>	16
2.2.17.	<i>Metodología 5S</i>	17
2.2.18.	<i>Principios de la metodología 5s</i>	17
2.2.19.	<i>Objetivos de las 5s</i>	18
2.2.20.	<i>Etapas de la metodología 5s</i>	19

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	22
3.1.	Datos del diseño	22
3.1.1.	<i>Estructura de caja negra</i>	22
3.1.2.	<i>Proceso técnico</i>	23
3.1.3.	<i>Matriz comparativa de maquinaria relacionada</i>	23
3.1.4.	<i>Evaluación técnico – económico de las propuestas</i>	24
3.2.	Maquina hidratadora de cal viva	26
3.2.1.	<i>Sistema de hidratación</i>	27
3.2.2.	<i>Sistema de mezclado y transporte</i>	27
3.2.3.	<i>Diseño del mezclador y transportador de paletas</i>	28
3.2.4.	<i>Porcentaje de carga de la artesa</i>	28
3.2.5.	<i>Cálculo de la capacidad equivalente</i>	29
3.2.6.	<i>Determinación del diámetro del mezclador y transportador</i>	31
3.2.7.	<i>Velocidad de operación del transportador</i>	31
3.2.8.	<i>Cálculo de la potencia requerida</i>	31
3.2.9.	<i>Potencia para mover el material</i>	33
3.2.10.	<i>Potencia total de diseño</i>	34
3.2.11.	<i>Cálculo de tubos, ejes y pernos de acoplamiento</i>	36
3.2.12.	<i>Cálculo de la deflexión</i>	36
3.2.13.	<i>Datos del transportador y mezclador de paletas</i>	39
3.2.14.	<i>Diseño de paletas del helicoidal</i>	39
3.2.15.	<i>Artesa de transportador</i>	40
3.2.16.	<i>Selección de motoreductor</i>	42
3.2.17.	<i>Motoreductor seleccionado</i>	42
3.2.18.	<i>Sistema de transmisión</i>	42

3.2.20.	<i>Potencia de diseño</i>	43
3.2.21.	<i>Selección de número de dientes de piñón</i>	44
3.2.22.	<i>Selección de cadena</i>	44
3.2.23.	<i>Cálculo de número necesario de dientes de la rueda mayor</i>	45
3.2.24.	<i>Cálculo de diámetro de piñón y rueda conducida</i>	45
3.2.25.	<i>Longitud de la cadena en pasos</i>	46
3.2.26.	<i>Distancia entre centros de diseño</i>	46
3.2.27.	<i>Datos del sistema de transmisión</i>	46
3.3.	Sistema de alimentación	47
3.3.1.	<i>Tolva de alimentación</i>	48
3.3.2.	<i>Sistema vibratorio de alimentación</i>	48
3.3.3.	<i>Diseño del sistema alimentación al hidratador</i>	64
3.3.4.	<i>Sistema de transmisión</i>	75
3.3.5.	<i>Sistema hidráulico</i>	78
3.3.6.	<i>Sistema de mando y control</i>	82
3.4.	Análisis de la situación actual	85
3.4.1.	<i>Reseña histórica</i>	85
3.4.2.	<i>Descripción general de la empresa</i>	85
3.4.3.	<i>Localización</i>	85
3.4.4.	<i>Misión</i>	86
3.4.5.	<i>Visión</i>	86
3.4.6.	<i>Organigrama estructural</i>	87
3.4.7.	<i>Jornada laboral</i>	87
3.4.8.	<i>Proveedores</i>	87
3.4.9.	<i>Productos</i>	87
3.4.10.	<i>Identificación de puestos de trabajo, máquinas y equipos</i>	89
3.4.11.	<i>Flujo general del proceso de la cadena de valor</i>	94
3.4.12.	<i>VSM inicial</i>	94
3.5.	Evaluación del nivel 5s inicial	105
3.5.1.	<i>Implementación de la herramienta lean 5s</i>	106
3.5.2.	<i>Lanzamiento del programa</i>	108
3.5.2.6.	<i>Evaluación del nivel 5s final</i>	119
3.6.	VSM final	121

CAPÍTULO	IV
4. RESULTADOS	129
4.1. Evaluación 5S	129
4.2. VSM final vs Inicial	131
4.3. Resultados de la implementación de la máquina hidratadora	131
4.4. Productividad inicial vs productividad final	132
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES	136
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Matriz comparativa de maquinaria	24
Tabla 2-3:	Máquina Propuesta	24
Tabla 3-3:	Análisis económico	25
Tabla 4-3:	Análisis técnico	25
Tabla 5-3:	Resumen análisis técnico y económico	26
Tabla 6-3:	Paletas mezcladoras.....	27
Tabla 7-3:	Porcentaje de carga de Artesa.....	29
Tabla 8-3:	Factor de capacidad para transportador con paso especial	30
Tabla 9-3:	Factor de capacidad para transportador con helicoidales especiales	30
Tabla 10-3:	Factor de capacidad para transportador con paletas mezcladoras	30
Tabla 11-3:	Factor de capacidad para transportadores helicoidales horizontales	31
Tabla 12-3:	Factor del diámetro del transportador.....	32
Tabla 13-3:	Factor del buje para colgante.....	32
Tabla 14-3:	Factor por porcentaje de carga del transportador	33
Tabla 15-3:	Factor de paleta.....	34
Tabla 16-3:	Factor de coeficiente (e) de las transmisiones	35
Tabla 17-3:	Capacidades de torsión de los pernos, tubos y ejes	36
Tabla 18-3:	Inercia tubo cedula 40	37
Tabla 19-3:	Artesas para transportador	40
Tabla 20-3:	Selección de la artesa	41
Tabla 21-3:	Programa de fabricación motoreductores	42
Tabla 22-3:	Factores de servicio para transmisiones por cadenas	43
Tabla 23-3:	Cadenas americanas estándar	45
Tabla 24-3:	Sistemas de alimentación	47
Tabla 25-3:	Calculo de la transmisión – Factor de carga c_2	52
Tabla 26-3:	Motores eléctricos WEG	53
Tabla 27-3:	Longitud primitiva nominal de correas trapezoidales	55
Tabla 28-3:	Prestaciones	56
Tabla 29-3:	Factor de corrección en	57
Tabla 30-3:	Factor de corrección en función del	57
Tabla 31-3:	Comparación entre sistemas de transporte	64
Tabla 32-3:	Características de los materiales.....	65
Tabla 33-3:	Factor de capacidad para transportador	66
Tabla 34-3:	Factor de capacidad para transportador con helicoidal especial.....	66
Tabla 35-3:	Capacidad para transportadores helicoidales horizontales	66

Tabla 36-3:	Factor del diámetro del transportador.....	67
Tabla 37-3:	Factor del buje para colgante.....	68
Tabla 38-3:	Factor por porcentaje de carga del transportador	69
Tabla 39-3:	Factor de eficiencia (e)	70
Tabla 40-3:	Capacidades de torsión de los pernos, tubos y ejes.	71
Tabla 41-3:	Inercia tubo.....	71
Tabla 42-3:	Programa de fabricación de motoreductores	73
Tabla 43-3:	Espesor y modelo de la artesa.....	74
Tabla 44-3:	Factores de servicio para transmisión.....	76
Tabla 45-3:	Cadenas Americanas Estándar.....	77
Tabla 46-3:	Selección del producto	95
Tabla 47-3:	Registro de tiempos del proceso.....	96
Tabla 48-3:	Diagrama de proceso	97
Tabla 49-3:	Resumen del proceso.....	98
Tabla 50-3:	Volumenes de producción inicial vs demanda	99
Tabla 51-3:	Tipos de desperdicios en el proceso	102
Tabla 52-3:	Planificación para la implementación.....	104
Tabla 53-3:	Auditoria Inicial 5s.....	105
Tabla 54-3:	Tabla de elementos necesarios	109
Tabla 55-3:	Lista de elementos innecesarios en los almacenamientos de materia prima	110
Tabla 56-3:	Lista de elementos innecesarios en el área de triturado.....	110
Tabla 57-3:	Lista de elementos innecesarios en el área de calcinado	110
Tabla 58-3:	Lista de elementos innecesarios en el área de hidratado	111
Tabla 59-3:	Lista de elementos innecesarios en el empacado.....	111
Tabla 60-3:	Lista de elementos innecesarios en el almacenamiento de producto terminado.....	111
Tabla 61-3:	Criterio para evaluación 5S	117
Tabla 62-3:	Auditoria final 5s.....	120
Tabla 63-3:	Registro de tiempos del proceso posterior a la implementación	122
Tabla 64-3:	Diagrama de proceso posterior a la implementación.....	123
Tabla 65-3:	Resumen del proceso posterior a la implementación	124
Tabla 66-3:	Resumen de los tiempos del proceso.....	126
Tabla 67-3:	Reducción de desperdicios en la situación mejorada	126
Tabla 68-3:	Producción de la situación mejorada.....	127
Tabla 1-4:	Niveles alcanzados en la auditoría 5S	130
Tabla 2-4:	Comparación de los tiempos iniciales y finales.....	131
Tabla 3-4:	Comparación de los niveles de desperdicios	132
Tabla 4-4:	Comparación de la productividad inicial y final.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Sistema de transmisión por correa	10
Figura 2-2:	Sistema de transmisión por engranajes	10
Figura 3-2:	Sistema de transmisión por cadena	11
Figura 4-2:	Motor eléctrico.....	11
Figura 5-2:	Value Stream Mapping (VSM)	16
Figura 6-2:	Simbología VSM	17
Figura 7-2:	Esquema 5s	18
Figura 1-3:	Diagrama de caja negra.....	22
Figura 2-3:	Diseño de maquina hidratadora.....	26
Figura 3-3:	Helicoidal de paletas	28
Figura 4-3:	Nomograma factor de sobrecarga	35
Figura 5-3:	Peso de transportador y mezclador de paletas con diámetro de 2 ½ pulgadas....	37
Figura 6-3:	Peso de transportador y mezclador de paletas con diámetro de 4 pulgadas.....	38
Figura 7-3:	Transportador y mezclador con paletas	39
Figura 8.3.:	Paleta del helicoidal.....	40
Figura 9-3:	Artesa en “U” con ceja formada.	41
Figura 10-3:	Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie americana).....	44
Figura 11-3:	Tolva de alimentación.....	48
Figura 12-3:	Sistema vibratorio de alimentación.....	48
Figura 13-3:	Sumatoria de fuerzas.....	51
Figura 14-3:	Selección de la sección de correa.....	54
Figura 15-3:	Sumatoria de fuerzas en el eje XZ	60
Figura 16-3:	Sumatoria de fuerzas en el eje XZ (2).....	62
Figura 17-3:	Sistema de trasporte tornillo helicoidal.....	65
Figura 18-3:	Nomograma factor de sobrecarga	69
Figura 19-3:	Peso de transportador	72
Figura 20-3:	Transportador Helicoidal.	73
Figura 21-3:	Carcasa y canalón.	75
Figura 22-3:	Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie americana).....	77
Figura 23-3:	Diagrama de Moody	80
Figura 24-3:	Diagrama de control y mando.....	83
Figura 25-3:	Diagrama de potencia	84
Figura 26-3:	Logo Incoreg	85
Figura 27-3:	Ubicación de la empresa Incoreg	86

Figura 28-3:	Organigrama estructural.....	87
Figura 29-3:	Oxido de calcio	88
Figura 30-3:	Hidróxido de calcio.....	88
Figura 31-3:	Carbonato de calcio micronizado.....	88
Figura 32-3:	Carbonato de calcio precipitado.....	89
Figura 33-3:	Almacenamiento de piedra caliza	89
Figura 34-3:	Almacenamiento combustible.....	90
Figura 35-3:	Área de triturado primario.....	90
Figura 36-3:	Área de calcinado.....	91
Figura 37-3:	Área de enfriamiento.....	91
Figura 38-3:	Área de triturado secundario	91
Figura 39-3:	Área de hidratado manual	92
Figura 40-3:	Área de pulverizado	92
Figura 41-3:	Área de empaçado.....	93
Figura 42-3:	Flujograma del proceso.....	94
Figura 43-3:	Cal hidratada (Producto final).....	95
Figura 44-3:	VSM inicial.....	101
Figura 46-3:	Pancarta 5S.....	108
Figura 47-3:	Criterio de selección (Seiri)	109
Figura 48-3:	Tarjeta roja.....	112
Figura 49-3:	Aplicación de tarjetas rojas	113
Figura 50-3:	Selección de materiales innecesarios	113
Figura 51-3:	Criterio Seiton.....	114
Figura 52-3:	Orden y organización de elementos en taller mecánico y estanterías	115
Figura 53-3:	Implementación de señalética de obligatoriedad	116
Figura 54-3:	Limpieza de la planta de producción	118
Figura 55-3:	Implementación de pancartas de información	119
Figura 56-3:	VSM final	125
Figura 1-4:	Comparación de los tiempos del proceso.....	132

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Cantidades de producción inicial.....	100
Gráfico 2-3:	Valores porcentuales iniciales 5s.....	106
Gráfico 3-3:	Valores porcentuales finales 5s	121
Gráfico 4-3:	Valores de producción finales	128
Gráfico 1-4:	Comparación de los niveles iniciales y finales 5S.....	129
Gráfico 2-4:	Comparación de la producción inicial y final.....	133

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CUADRO DE REGISTRO DE TARJETAS ROJAS

ANEXO B: PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA

ANEXO C: DIAGRAMA DE POTENCIA

ANEXO D: DIAGRAMA DE CONTROL

ANEXO E: FLUJOGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA HIDRATADORA

ANEXO F: ESQUEMA DEL PROCESO COMPLETO DE HIDRATADO

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo implementación una máquina hidratadora y aplicar las herramientas *Lean Manufacturing* para optimizar el proceso productivo de obtención de cal en la empresa INCOREG ubicada en el cantón Riobamba. Para este proceso se realizó un análisis inicial mediante la aplicación de la herramienta de diagnóstico VSM (*Value Stream Mapping*), con el cual se determinó el estado de la situación inicial del flujo de materiales de la cadena productiva, además de los valores de desperdicios y tiempos que agregan y no agregan valor al producto. Para el estudio se seleccionó la cal hidratada debido a que este producto conlleva el mayor número de actividades, en el cual mediante el análisis de la situación inicial se determinó que de 72.9 horas que era el tiempo total de elaboración del producto, solo 10.8 horas agregan valor al producto y 62.1 horas no agregan valor al mismo, y el nivel de desperdicio más relevante de material fue de un 12%, esto se debía al excesivo tiempo que implicaba el proceso de hidratación manual de la caliza, y a los desperdicios que la reacción exotérmica que este mismo proceso generaba. Mediante la implementación de la máquina hidratadora y la metodología 5S se obtuvo como resultados la reducción de los tiempos totales del proceso productivo de 72.9 horas a 24,05 horas y también se redujo los niveles de desperdicios de un 12% al 4% en el método mejorado. Se concluye que actualmente se logró una mejora notable en la productividad pasando de 0.47 sacos/min a 0.70 sacos/min, la reducción de desperdicios y por consecuencia la satisfacción de la demanda de los clientes. Se recomienda apoyar constantemente desde la parte gerencial hasta el nivel operativo de la empresa con el desempeño de sus roles dentro de la metodología 5S implementada, para lograr la sostenibilidad de la misma a futuro.

Palabras clave: <OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN>, <PIEDRA CALIZA>, <LEAN MANUFACTURING>, <VALUE STREAM MAPPING (VSM)>, <REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS>, <TIEMPOS QUE NO AGREGAN VALOR>.



Firmado electrónicamente por:
JHONATAN RODRIGO
PARREÑO UQUILLAS



01-04-2021

0919-DBRAI-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of this degree research was to implement a hydrating machine and apply *Lean Manufacturing* tools to optimize the production process of obtaining lime in the company INCOREG located in the Riobamba canton. For this process, an initial analysis was carried out by applying the VSM (*Value Stream Mapping*) diagnostic tool to determine the initial situation of the material flow of the production chain, as well as the values of waste and time that add and do not add value to the product. Hydrated lime was selected for the study because this product involves the largest number of activities, in which through the analysis of the initial situation it was determined that out of 72.9 hours, which was the total time of elaboration of the product, only 10.8 hours add value to the product and 62.1 hours do not add value to it, and the most relevant level of waste of material was 12%, this was due to the excessive time involved in the manual hydration process of the limestone, and the waste that the exothermic reaction that this same process generated. The implementation of the hydration machine and the 5S methodology resulted in a reduction of the total time of the production process from 72.9 hours to 24.05 hours and also reduced waste levels from 12% to 4% in the improved method. It is concluded that a notable improvement in productivity was achieved, going from 0.47 bags/min to 0.70 bags/min, the reduction of waste and, consequently, the satisfaction of customer demand. It is recommended to constantly support from the management to the operational level of the company with the performance of its roles within the 5S methodology implemented, to achieve the sustainability of this in the future.

Keywords: <PRODUCTION OPTIMIZATION>, <LIMESTON>, <LEAN MANUFACTURING>, <VALUE STREAM MAPPING (VSM)>, <WASTE REDUCTION>, <TIMES THAT DO NOT ADD VALUE>.

INTRODUCCIÓN

La gran cantidad de minas de piedra caliza presentes en los suelos del Ecuador representan una gran oportunidad de introducirse en el mercado como explotadores de esta materia prima o a su vez como productores y distribuidores de productos derivados. En el Ecuador, la caliza actualmente es el producto minero no metálico de mayor volumen de producción con 3 809 821.89 toneladas, registrado en el año 2015 (Banco central del Ecuador 2017, p. 10)

Actualmente en el país existe una gran demanda de productos derivados de la caliza y presenta varios e indispensables usos en los diferentes campos, como en industrias químicas, metalúrgicas, alimenticias, agricultura, tratamientos de agua, entre otras. Muchos objetos que usamos cotidianamente han requerido la presencia y el uso de la cal en sus procesos de elaboración, lo que en muchos de los casos hace casi imposible la existencia de estos productos sin el uso de la cal en su fabricación.

Muchas de las pequeñas industrias productoras de cal en el Ecuador no disponen de maquinaria apropiada en sus procesos productivos, y principalmente en la producción de cal hidratada, en la cual este proceso se elabora manualmente evidenciando un excesivo desperdicio de materia prima. Por esta razón se plantea la implementación de una máquina hidratadora que se encuentre al alcance y se acople al volumen de producción de INCOREG y de esta forma la empresa pueda producir y comercializar sus productos de forma óptima.

Las empresas están buscando constantemente mejorar sus sistemas productivos de forma simultánea con la calidad de sus productos, un ambiente seguro en el trabajo y la satisfacción de los clientes para poder mantenerse en un mercado actualmente competitivo. Muchas empresas han optado por la implementación de las herramientas Lean Manufacturing en sus procesos ya que estas herramientas buscan la mejora continua de los procesos productivos mediante la reducción de todo tipo de “desperdicios. Esta metodología tiene como objetivo generar una cultura de limpieza, disciplina y comunicación, desde el puesto de trabajo hasta la organización como conjunto.

Con lo mencionado, la empresa “Incoreg” consiente de los beneficios de las herramientas *Lean Manufacturing* aprueba su implementación, obteniendo mejoras en la productividad y la reducción de desperdicios de materia prima, tiempos y recursos, logrando de este modo un ambiente de trabajo más motivador tanto para el empleado como para el empleador.

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La empresa INCOREG ubicada en la ciudad de Riobamba se dedica a la elaboración y comercialización de productos derivados de la piedra caliza. Actualmente la empresa no dispone de controles fundamentales en el proceso productivo como la disponibilidad de una línea estandarizada de producción debido a la falta de personal capacitado en el área productiva de la empresa. Los productos como la cal hidratada se elaboran de una manera rudimentaria y la metodología actual utilizada en la hidratación de la caliza no conlleva a una óptima producción ya que esta actividad se realiza manualmente, presentando un exceso de desperdicio de materia prima, tiempos de producción elevados y excesivo esfuerzo de los trabajadores, lo que conlleva a la realización de actividades que no agregan valor al producto. En este sentido, uno de los principales problemas que aqueja a los trabajadores es la falta de maquinaria apropiada para realizar el proceso de hidratación de la cal, por lo tanto, es prioritaria la implementación de una máquina hidratadora para la empresa.

El presente trabajo considera también importante estudiar la productividad en la línea de elaboración de cal hidratada y demás derivados de la caliza utilizando las herramientas *Lean Manufacturing* con la finalidad de mantener la maquinaria, herramientas, recursos y los puestos de trabajo en la máxima disponibilidad y confiabilidad, garantizando así una producción continua y reduciendo en lo posible todo tipo de desperdicios según la filosofía *Lean Manufacturing*.

También se pretende incorporar criterios de riesgo y confiabilidad ambiental, de manera que además de asegurar resultados en el rendimiento de la producción, se tenga un impacto en la seguridad al reducir, valorar y mitigar los riesgos presentes. Ante esta problemática interna, queda la propuesta de que, a los procesos ya existentes, organizarlos de tal manera que puedan ser controlados y puedan ser reflejados en el aspecto económico.

1.2. Alcance del problema

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de la empresa INCOREG ubicada en el cantón Riobamba, el mismo que tiene como alcance identificar los problemas que presenta la empresa en la línea de producción de cal hidratada.

El aporte de este trabajo se resume en dos partes: primero, se plantea la evaluación de la situación actual de la empresa mediante *Value Stream Mapping* (VSM) como herramienta de diagnóstico

de la filosofía *Lean Manufacturing* y la aplicación de la metodología 5s en el área de producción. Segundo, la implementación de una máquina hidratadora de cal para reemplazar el proceso de hidratación manual, lo que beneficiará a los trabajadores por la eliminación de esta actividad manual que requería de mucho tiempo, esfuerzo y riesgo. También se contempla la estandarización de la producción mediante las herramientas que más se acoplan al tipo de problemas presentes. Con esto se pretende alcanzar una producción más tecnificada y óptima, lo que es importante para que la empresa pueda mantenerse competente en el mercado.

1.3. Delimitación del problema

El desarrollo del presente trabajo de titulación tiene como objeto mejorar la productividad en el proceso de producción de cal mediante el uso de las herramientas *Lean Manufacturing* y la implementación de una máquina hidratadora en la empresa INCOREG.

El trabajo se desarrolló dentro de los siguientes parámetros:

Espacio: Empresa INCOREG, ubicado en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Tiempo: Periodo 2019-2020

Sector: Enfocado al desarrollo de la industria de elaboración de productos a base de recursos no renovables.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Optimizar el proceso de obtención de cal mediante la implementación de una máquina hidratadora y la aplicación de herramientas *Lean Manufacturing* en la empresa INCOREG ubicada en el cantón Riobamba.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el proceso productivo mediante la metodología VSM para determinar el estado de la situación actual de la empresa.
- Planificar y ejecutar cada uno de los pilares de la metodología 5s para garantizar el orden y la limpieza en los puestos de trabajo.
- Diseñar e implementar la máquina hidratadora para mejorar la productividad y disminuir desperdicios.
- Realizar el VSM de la situación mejorada para una comparación con la situación inicial y demostrar los resultados.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes

- Un primer trabajo relacionado trata sobre la implementación de la filosofía Lean Manufacturing en el entorno de una cadena de producción agroalimentaria, proporcionando una idea general de opciones de vías de trabajo que se pueden seguir.

Se procedió a describir de una manera teórica las características de uno de sus productos, dando un seguimiento minucioso del proceso y detectando puntos de mejora y potenciales cuellos de botella. Con una clara idea del tipo de empresa y tipo de producto que se ha elegido para optimizar el proceso, se procedió a la selección e implementación de las distintas técnicas Lean Manufacturing que mejor se adapten al entorno, ya que algunas, dada su complejidad y costes derivados no resultan útiles para su implementación.

Finalmente, implementadas las herramientas necesarias, se muestran una serie de indicadores de evolución, optimización, y mejora propuestas para continuar con la implementación del Lean Manufacturing ya que en este primer paso dado no se ha llevado a cabo la implementación en toda la empresa ni en todos sus campos susceptibles de mejora. (Ruiz Cobos 2016, p. 8)

- En un segundo trabajo se realiza la implementación de mejoras en el sistema productivo actual de la empresa AJEPER S.A., mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para optimizar tanto los procesos productivos, uso de equipos y recurso humano a través de la eliminación de los desperdicios y problemas presentes en dicho proceso, con la finalidad de asegurar la competitividad de la empresa en el mercado de bebidas que actualmente se encuentra dinámico y variable.

Esta empresa se dedica a la elaboración y envasado de bebidas no alcohólicas tales como gaseosas, agua mineral, cifrut, Pulp entre otros. El objetivo de este trabajo de investigación fue analizar la situación actual de la empresa en estudio y mediante ello, proponer la implementación de las herramientas de manufactura que le permita mejorar la calidad de sus productos, reducir el tiempo muerto y responder de manera rápida a las necesidades variables del cliente para así poder mejorar su competitividad en el mercado.

Se realizó la revisión de indicadores históricos de productividad, OEE y el mapeo del flujo de valor, en base a ello, se procedió al análisis y desarrollo de las herramientas necesarias para la propuesta de mejora como son SMED, mantenimiento autónomo y OEE por equipo como propuesta de solución a los actuales problemas de la empresa. Con la implementación

propuesta se espera un incremento del indicador OEE de 63.1% en el 2015 a 70.09% luego de la propuesta. Así mismo, en términos monetarios, la implementación conllevará una inversión de S/. 338 393,20 al inicio y se espera genere un ahorro de S/. 224 680,0 anual. Se expone las conclusiones de la propuesta de implementación de las herramientas de Lean Manufacturing seleccionadas y las recomendaciones para el sostenimiento y correcta implementación de las herramientas mencionadas en otras líneas dentro de la empresa en estudio. (Castro Vásquez 2016, p. 5)

- En un tercer trabajo se presenta un estudio se implementa la metodología lean llamada Value Stream Mapping o mapeo de cadena de valor en una empresa embaladora de productos de vidrio, con el propósito de identificar y eliminar aquellas actividades que no agregan valor al proceso y a su vez mejorar el desempeño del área logística de la compañía, disminuyendo la sensación de un bajo nivel de servicio. Al final de la investigación se logra concluir que la implementación de la herramienta permite reconocer el comportamiento y las relaciones subyacentes dentro del proceso actual, y con base en este proponer mejoras que conlleven a un funcionamiento ideal del sistema, donde las actividades que generen desperdicio dentro del proceso sean mínimas y solo queden aquellas tareas que le den un valor agregado al producto por el cual el cliente sí esté dispuesto a pagar. El plan de acción propuesto ha logrado en un corto tiempo ahorros considerables en tiempo y dinero a la compañía. (Paredes Rodríguez 2017, p. 262)
- En un cuarto trabajo relacionado, se desarrolla una tesis de enfoque cuantitativo, cuyo objetivo es determinar que la “Implementación de las 5s mejora la productividad en el área de almacén de la empresa Pinturas Bicolor S.A.C, Los Olivos 2017. La población está constituida por los despachos diarios en el área de almacén (pedidos realizados por los clientes) lo cual fue evaluado en 30 días laborales, período en el cual se recolectó datos de los colaboradores involucrados en el área de almacén, dependiendo de los pedidos de los clientes que se puedan abordar. Las técnicas de recolección fueron: la Observación, cuadros de anotaciones de pedidos incompletos, base de datos otorgados por la empresa Pinturas Bicolor y check list para medir el nivel 5s antes de la implementación en el área de almacenamiento

En conclusión, se determinó que la aplicación de las 5s mejora la productividad en el área de almacén de la empresa Pinturas Bicolor S.A.C en un 20.43%, con respecto a la eficiencia lo que antes se tenía un índice de 0.8430 de la eficiencia, actualmente el índice es de 0.9330 por lo que se puede concluir que la eficiencia ha mejorado en un 10.67 %. La eficacia antes era de un 0.8717 y que actualmente representa un 0.9453, esta variación se presenta gracias a la

correcta implementación de las 5s, por lo se puede inferir que la eficacia ha mejorado en un 8.44 %. (Ñañacchuari Sivipaucar 2017, p. 14)

- Se toma también en cuenta un quinto trabajo relacionado con la automatización de procesos, en la cual se desarrolló un sistema integrado de automatización y control del proceso de dosificación de hormigón, orientado a plantas de producción de este material. La solución radica en la sinergia entre el poderío en cuanto a control industrial de los PLCs y el poderío en cuanto a software de LabVIEW. Al sistema integrado fue dividido en módulos, los cuales fueron: módulo de sensores, módulo de actuadores, módulo de digitalización de señal y control de conmutación, módulo de software de proporcionamiento y módulo de software de automatización.

El objetivo del módulo de sensores fue monitorear los pesos de los materiales ingredientes (grava fina, grava gruesa y cemento). El objetivo del módulo de actuadores fue habilitar a la señal de salida del PLC para que soporte el encendido y apagado de los mecanismos a controlar (compuertas, banda, bomba), ubicados en la planta industrial. El objetivo del PLC y sus módulos de Strain Gauge y de Relays fue: por una parte, leer la señal eléctrica de los sensores y por otra parte de genera los pulsos de conmutación para la activación de los contactores. Por último, el objetivo del módulo de software de automatización es el algoritmo que controla todo el proceso de dosificación, en base a determinadas constantes que arroja el módulo de software de proporcionamiento que es el encargado de dar las cantidades necesarias de cada material. Entre los beneficios que se obtuvieron está el hecho de que se redujo el tiempo de producción de la Planta Dosificadora y por ende se ha incrementado el rendimiento de la misma.(Calderón 2007, p. 1)

- Finalmente un sexto trabajo relacionado a la implementación de maquinaria moderna en la industria, haciendo énfasis a la optimización en procesos industriales mediante la renovación de maquinaria y procesos, se detalla el siguiente resumen referente al diseño e implementación de una máquina automática para la obtención de hilos y cintas mediante un proceso de corte rotacional continuo. Esta máquina procesa botellas plásticas usadas como envases para almacenamiento y transporte de bebidas gaseosas y no gaseosas con capacidad de tres litros. Es un diseño mecatrónico, compuesto por sencillos sistemas mecánicos/neumáticos, eléctricos y de control, que permite procesar hasta cincuenta botellas por hora. Se puede obtener una variedad de productos comprendidos entre aproximadamente 46.5 m de longitud de hilo de 1.6 mm de espesor (ancho) y 11.3 m de longitud de cinta de 6.7 mm de ancho por botella. Estos productos son materia prima económica obtenida de material de desecho como son las botellas plásticas, elementos altamente contaminantes del ambiente por el pequeño porcentaje que es reciclado especialmente en Ecuador. Esta materia prima

puede tener aplicaciones en algunos procesos de manufactura como son: la fabricación de escobas, cuerdas, canastos, fundas, elementos sujetadores entre otros. (Hidalgo, et al. 2017, p. 89)

2.2. Marco teórico

2.2.1. Cal

También llamado óxido de calcio, se forma cuando el carbonato de calcio (CaCO_3) se quema en el aire, se calcina la piedra caliza en grandes hornos de cal llamados también caleras, con lo cual el CaCO_3 que contiene, se transforma en CaO , desprendiendo CO_2 . (Textos Científicos, 2005)



2.2.2. Tipos de cal

2.2.2.1. Cal viva

La cal viva es un compuesto cáustico conocido por su nombre químico como óxido de calcio (CaO). Aparece como un polvo blanco cuando está frío, y amarillo cuando se calienta. Esta se produce calcinando la piedra caliza natural, que contiene carbonato de calcio. Al ser de naturaleza altamente alcalina, la cal viva tiende a reaccionar con el dióxido de carbono ácido presente en la atmósfera para formar nuevamente carbonato de calcio, o piedra caliza, a partir de la cual se produjo en primer lugar. (Arquitecturapura, 2018)

2.2.2.2. Cal Hidratada o cal apagada

La cal hidratada (hidróxido de calcio) es un polvo seco, incoloro y cristalino elaborado mediante el tratamiento de óxido de calcio (cal viva) y la mezcla con agua, en un proceso llamado "apagado". También conocida como cal apagada, cal o cal muerta, este tipo de cal se una en la producción de diferentes productos como: morteros, yesos, cementos, pinturas, pegamentos, productos de caucho, petroquímicos, en el curtido de pieles, etc. (Flexicon, 2015)

2.2.3. Proceso de obtención de la cal

La cal debe cumplir con parámetros físicos y químicos de acuerdo a la aplicación a la que está destinada, a continuación, se presenta el proceso de producción de la cal hidratada cumpliendo con los parámetros de calidad.

- 1. Extracción de la piedra caliza:** Se perfora las minas de piedra caliza según el tipo de minado y se carga el explosivo, posteriormente se extrae las rocas fragmentadas para su transporte.
- 2. Triturado primario:** Las rocas pasan por un proceso de trituración, hasta que las rocas queden de un tamaño homogéneo adecuado para su posterior ingreso al horno.
- 3. Calcinación:** Una vez que las rocas fragmentadas han ingresado al horno, estas deben alcanzar temperaturas de hasta 1000 °C, en esta etapa las rocas calcinadas pierden dióxido de carbono y se produce el óxido de calcio, más conocida como cal viva.
- 4. Enfriamiento:** Posteriormente las rocas calcinadas son extraídas del horno y se dejan enfriar durante un determinado tiempo para que puedan ser manejadas.
- 5. Triturado secundario:** En esta etapa la cal viva se reduce a un tamaño de grano más pequeño.
- 6. Hidratación:** La hidratación se realiza agregando agua manualmente a la cal viva, obteniendo hidróxido de calcio, a este proceso también se lo denomina apagado de la cal. En este proceso se debe agregar 18 partes en peso de agua por cada 56 partes en peso de cal sin sobrepasar esa cantidad. Esta reacción libera calor y produce un incremento de volumen.
- 7. Separación:** La cal hidratada pasa por un separador, el cual separa las partículas que no pudieron ser hidratadas en el proceso de hidratación, a estas partículas se les puede reprocesar.
- 8. Envasado:** Finalmente el producto está listo para ser envasado, este proceso puede ser manual o automáticamente, hay q tomar en cuenta que la cal hidratada debe ser envasada en bolsas de papel para una mejor conservación.

2.2.4. Propiedades de la cal

- Concentración de CaO libre mayor a 75%.
- Concentración de CaO alcalinizante mayor a 86%.
- Punto de fusión Cal Viva: 2.570 °C.
- No es inflamable.
- No posee explosión potencial.
- Solubilidad en agua insignificante (a 0 °C = 1,40 g CaO/lit y a 100 °C = 0,54 g CaO/lit).
- El óxido de calcio reacciona con ácidos, formando sales de calcio, de las cuales algunas son solubles.

- Es inestable por ser material anhidro, es incompatible con agua y ácidos, reacciona con algunos plásticos, caucho y revestimientos. El fluoruro reacciona con el óxido de calcio, desarrollando mucho calor y algo de luz.
- Es atóxica, es necesario usar equipos de protección adecuados y proveer de ventilación.
- Es un material altamente cáustico, por lo que sin tratamiento adecuado tiene efectos sobre el medio ambiente. (Especificar, 2017)

2.2.5. Usos y aplicaciones de la cal

La cal viva e hidratada posee innumerables aplicaciones que se pueden resumir en las siguientes:

- Industriales, química orgánica e inorgánica. Tratamiento de aguas. Papel y pulpa. Alimentos y subproductos. Petrolíferos.
- Construcción; ladrillos silíceos, ladrillos ligeros, hormigón liviano, morteros, pavimentos asfálticos, estabilización de suelos y revestimientos protectores.
- Agricultura; mejoramiento de terrenos, nutriente vegetal, abono e insecticida.
- Usos diversos; pigmentos, barnices, caucho-gomas, control de contaminación, cultivos marinos y granjas.
- Minería metálica; fundiciones (cobre, hierro, acerías, etc.), lixiviación cianurada (en pilas o por agitación) y en flotación alcalina.
- Minería no metálica; en la obtención de sales de yodo y nitratos, obtención de coleanita sintética, en faenas productoras de ácido bórico, en la obtención de ulexita granulada, en la obtención de nitrato de potasio granulado y en la obtención de litio. (Especificar, 2017)

2.2.6. Normas para la fabricación de maquinarias

Resolución no. 14 346

El (Ministerio de industrias y productividad, 2014) manifiesta que: “La reglamentación técnica comprende la elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos necesarios para precautelar los objetivos relacionados con la seguridad, la salud de la vida humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente y la protección del consumidor contra prácticas engañosas” ha formulado el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 131 “SEGURIDAD E HIGIENE DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS”.

2.2.7. Sistemas de transmisión

2.2.7.1. Transmisión por correa:

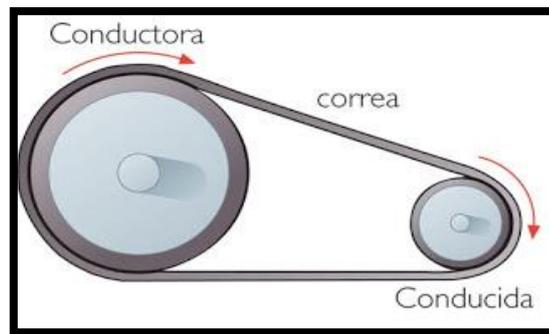


Figura 1-2. Sistema de transmisión por correa
Fuente: (Patiño Duque et al. 2017)

El propósito de la transmisión por correa es transmitir energía desde un eje de rotación a otro donde se encuentran montadas las poleas, por intermedio de enlaces flexibles como correas. La relación de velocidad entre el eje de accionamiento y el eje accionado, depende de la relación de los diámetros de las poleas. En este tipo de transmisión se puede utilizar una o varias correas, y generalmente se usan de tipo trapezoidal. (Patiño Duque, et al. 2017, p. 25)

2.2.7.2. Transmisión por ruedas dentadas:

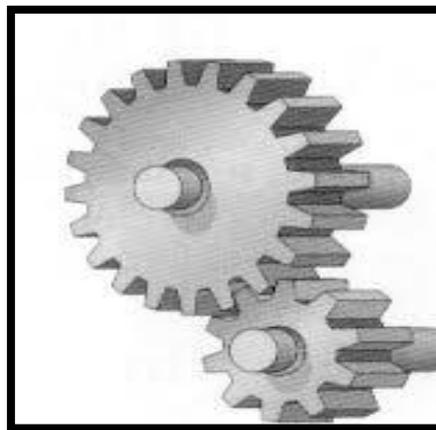


Figura 2-2. Transmisión por engranajes
Fuente: (Patiño Duque et al. 2017)

En las transmisiones por ruedas dentadas la potencia se transmite de un árbol conductor al conducido por la presión de los dientes del piñón sobre la rueda. La resistencia de contacto en las superficies de los dientes conjugados debe ser la suficiente para hacer pasar la potencia, a través de la raíz de los dientes, los núcleos y los cubos a los elementos de acople con los ejes. La transmisión continua de la potencia es por engrane y para conservar constante la relación de

transmisión, los dientes del piñón y la rueda deben tener los perfiles conjugados. (Patiño Duque et al. 2017, p. 25)

2.2.7.3. Transmisión por cadena:

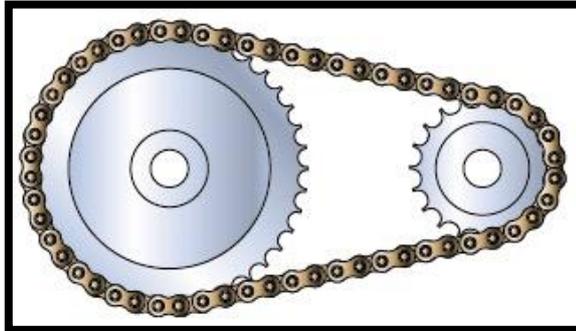


Figura 3-2. Sistema de transmisión por cadena
Fuente: (Patiño Duque et al. 2017)

Este tipo de transmisión está compuesto por dos estrellas o catalinas, una conductora y otra conducida y por la cadena, conformada por una serie de eslabones. (Patiño Duque et al. 2017, p. 25)

2.2.8. Motores eléctricos

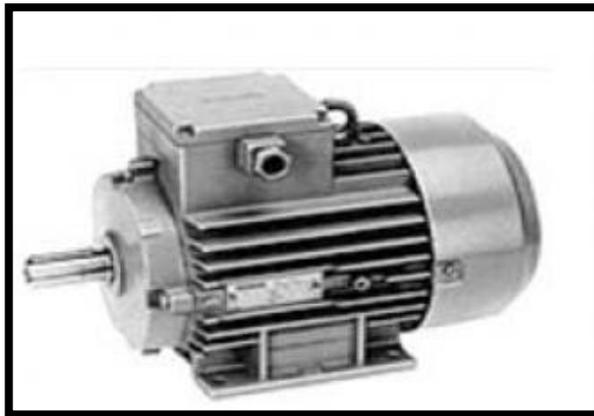


Figura 4-2. Motor eléctrico
Fuente: (Martínez García & Rodríguez Rodríguez, 2014)

Los motores eléctricos utilizan la inducción electromagnética que produce la electricidad para producir movimiento, según sea la constitución del motor: núcleo con cable arrollado, sin cable arrollado, monofásico, trifásico, con imanes permanentes o sin ellos; la potencia depende del calibre del alambre, las vueltas del alambre y la tensión eléctrica aplicada. (Martínez García y Rodríguez Rodríguez 2014, p. 26)

2.2.8.1. Características generales

- **Rendimiento:** es el cociente entre la potencia útil que generan y la potencia

absorbida. Habitualmente se representa con la letra griega η .

- **Velocidad de poco giro o velocidad nominal:** es la velocidad angular del cigüeñal, es decir, el número de revoluciones por minuto (rpm o RPM) a las que gira. Se representa por la letra n .
- **Potencia:** es el trabajo que el motor es capaz de realizar en la unidad de tiempo a una determinada velocidad de giro. Se mide normalmente en caballos de vapor (CV), siendo 1 CV igual a 736 vatios.
- **Par motor:** es el momento de rotación que actúa sobre el eje del motor y determina su giro. Se mide en $\text{kg}\cdot\text{m}$ (kilogramos por metro) o lo que es lo mismo newtonmetro (Nm), siendo 1 kgm igual a 9,81 Nm ($9,81 \text{ kg}\cdot\text{f}\cdot\text{m}$).
Hay varios tipos de pares, véanse por ejemplo el par de arranque, el par de aceleración y el par nominal.
- **Estabilidad:** es cuando el motor se mantiene a altas velocidades sin gastar demasiado combustible tanto como energía eléctrica en su correspondiente tiempo que pasa el motor sin ningún defecto pero esto solo se hace en las fábricas donde se desarrolla el motor. (Martínez García y Rodríguez Rodríguez 2014, pp. 26-27)

2.2.9. Definición de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, inventario, movimiento y defectos. Lean mira lo que no deberíamos estar haciendo porque no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo.

Para alcanzar sus objetivos, despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro. Los beneficios obtenidos en una implantación Lean son evidentes y están demostrados. (Hernandez Matias y Vizán Idoipe 2013, p. 10)

2.2.10. Objetivos de Lean Manufacturing

Según Añaguari Yarasca y Gisbert Soler (2016, pp. 23-24) algunos objetivos de la filosofía Lean Manufacturing son:

- Defectos o desperdicios: Eliminarlos o minimizarlos, así como eliminar cualquier característica innecesaria del producto que no sea requerida por el cliente. Eliminar el exceso de materias primas y costos asociados por reprocesos.

- **Tiempos de ciclo:** Reducir plazos de entrega y ciclos de tiempo de producción mediante la reducción de tiempos de espera, de reparación o de preparación.
- **Niveles de inventario:** Minimizar inventarios de materia prima, producto terminado y en todas las etapas de producción, especialmente los WIP (Trabajos en Proceso) entre las etapas de producción.
- **Productividad laboral:** Mejoramiento mediante la reducción de tiempo ocioso de los operarios. Asegurándose que su trabajo les produzca la satisfacción y beneficios que cumplan con sus expectativas en función de su involucración, resultados y participación en busca de la mejora continua.
- **Utilización de equipos y de espacio:** Usarlos de manera eficiente para eliminar cuellos de botella/restricciones. Maximizando el flujo y la velocidad de producción minimizando el tiempo de paro del equipo y maquinaria existente.
- **Flexibilidad:** Producir un rango y variedad más flexible de productos, con costos reducidos y tiempos mínimos de conversión. Empleando personal con polivalente, capacitado y entrenado continuamente; con capacidad para asumir responsabilidades conforme se le vaya cediendo autoridad y responsabilidad.
- **Resultado:** En la medida que se reduce el tiempo de ciclo, se incrementa la productividad laboral, se gestionan adecuadamente los cuellos de botella y restricciones. Lográndose costos de producción menores, uso más eficiente de la maquinaria y espacio.

2.2.11. Principios de Lean Manufacturing

Según Sevillano (2008) Lean Manufacturing consta de cinco principios que son:

- 1. Definir el Valor desde la perspectiva del Cliente** o comprensión de lo que es valor para el cliente; el consumidor final es quien decide lo que es importante y le aporta valor.
- 2. Identificar el flujo del Valor** o estudio de todas las fases del proceso de producción, para determinar las que añaden valor y las que se deben cambiar o eliminar.
- 3. Optimizar el flujo** o crear una corriente de valor al quitar obstáculos innecesarios en el proceso.

- 4. Extraer Valor del Cliente** en la que los equipos de proyecto deberían permitir a sus clientes que se involucren en el proceso. El producto no se termina hasta que los clientes no hacen el pedido.

2.2.12. *Despilfarro o desperdicio*

Dentro de la filosofía Lean Manufacturing, desperdicio es todo aquello que no añade valor al producto, entre estos tenemos:

DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN
Sobreproducción	Hacer más, más rápido o antes de lo que es requerido por el siguiente proceso. También se puede definir a este desperdicio como producir más de lo que se necesita, producir más rápido de lo que se requiere, manufacturar productos antes de que se necesiten.
Sobreinventario	Materiales en exceso o más material del que se necesita. El sobreinventario es cualquier material, producto en proceso o productos terminados que exceden lo que necesita para satisfacer la demanda del cliente.
Producto o Servicio defectuoso	Producto que requiere inspección, clasificación, sustitución o reparación. Esto también puede afectar a la información, si ésta no es precisa o completa. Este desperdicio se refiere a la pérdida de los recursos utilizados para producir un producto o un servicio defectuosos, ya que se emplean materiales, tiempo-máquina, tiempo de una persona que después de todo no sirvió de nada ya que no agrega valor al cliente.
Sobreprocesamiento	Esfuerzo extra que no suma valor al producto o servicio, desde el punto de vista del cliente. Procesos estandarizados que no siempre agregan valor al cliente.
Esperas	Tiempo de inactividad por el personal, material, maquinaria, mediciones e información.
Movimientos	Cualquier movimiento de la gente (o maquinaria o equipo) que no agrega valor al producto o servicio.
Transporte	Trasporte de información, partes o materiales alrededor de la instalación. Este desperdicio consiste en el transporte de materiales que no aportan realmente al sistema de producción.
Gente	El desperdicio de no usar completamente las habilidades de la gente (mental, creativa, habilidades, experiencia, etc).

Fuente: (Castrejón Gallegos, 2016, pp-7-8)

2.2.13. Herramientas de Lean Manufacturing

Existen varias y diferentes herramientas dentro de la filosofía Lean Manufacturing, las mismas que no poseen un orden definido de aplicación, estas herramientas se acoplaran a la problemática y situación actual de cada empresa, siendo posible en todos los casos trabajar con sistemas de mejora continua posterior a su aplicación.

2.2.14. Mapeo de la cadena de valor (VSM)

El mapa de la cadena de valor es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Tiene por objetivo plasmar en un papel, de una manera sencilla, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar, a nivel global, donde se producen los mayores desperdicios del proceso. El VSM facilita, de forma visual, la identificación de las actividades que no aportan valor añadido al negocio con el fin de eliminarlas y ganar en eficiencia. Es una herramienta sencilla que permite una visión panorámica de toda la cadena de valor. Actualmente ya existen en el mercado diferentes programas de software que facilitan la labor de elaboración de estos modelos a través bibliotecas de simbología normalizada. (Hernandez Matias y Vizán Idoipe 2013, p. 90)

2.2.15. Beneficios del VSM

Entre los beneficios obtenidos destacan la mayor visualización del proceso, la vinculación del flujo de información y materiales en un esquema mediante un único lenguaje, la obtención de un sistema estructurado para implantar mejoras y la visión de cómo tendría que ser el sistema.

El VSM se elabora para cada familia de productos. Los datos se deben recoger sobre el terreno, reflejando la realidad y desconfiando de los facilitados por el sistema de información. Al tratar de descubrir cómo cada proceso sabe lo que debe producir para su cliente (o sea, para el proceso siguiente) y cuándo fabricarlo, se descubre el flujo real del material. En el VSM se representa también el flujo de la información: las previsiones, programas y pedidos del cliente, y su frecuencia. Análogamente se recogen las previsiones y pedidos de la empresa hacia sus proveedores. Finalmente, se incorpora la manera en que se comunica realmente el programa de producción a los procesos operativos.

Un aspecto clave es que VSM recoge una línea de tiempos; tiempos “VA”, en los que se genera valor añadido, y el resto de tiempos “NVA” o de “no valor añadido”. La comparación entre los tiempos totales de valor añadido y totales de no valor añadido es esclarecedora, siempre sorprendente y además un excelente indicador del potencial de mejora.(Hernandez Matias y Vizán Idoipe 2013, pp. 90-91)

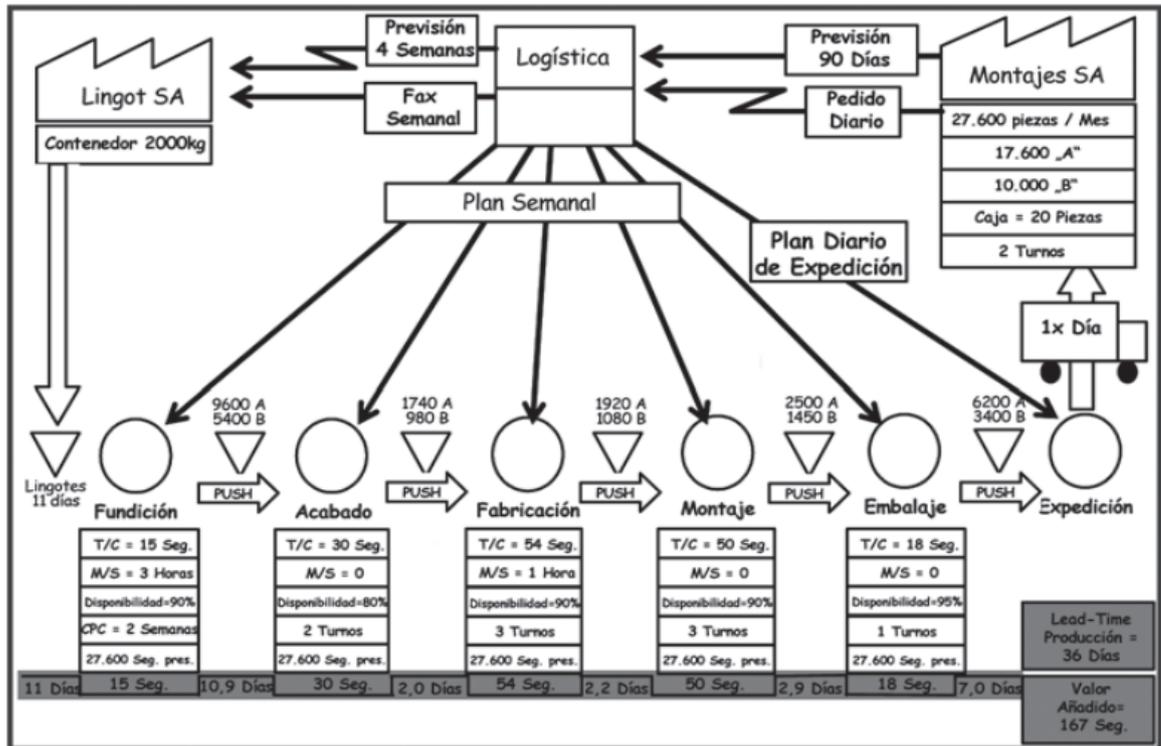


Figura 5-2. Value Stream Mapping (VSM)

Fuente:(Rajadell Carreras y Sánchez García 2010)

2.2.16. Simbología del VSM

Como es sabido, un signo cumple su función de una manera directa (puede formar parte de un lenguaje visual, como ocurre con las señales de tráfico). Los signos presentan la particularidad de que ofrecen un mensaje simple de relevancia inmediata y momentánea. Por su parte, un símbolo es una imagen que representa una idea, que compendia una verdad universal. Un sistema de símbolos se compone de un conjunto de símbolos interrelacionados. Para establecer el VSM se dispone de un sistema formal de símbolos que permite representar en un papel todos los procesos encontrados en un sistema productivo. Para el caso del flujo de materiales, como se puede observar en la figura 6 .(Rajadell Carreras y Sánchez García 2010, p. 40)

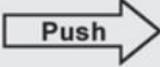
 Operación de Valor Añadido	 Operación de Control	 1000 piezas 1.3 días Material Parado	 Movimiento de Materiales Empujado				
 Movimiento de Material Tirado	<table border="1" data-bbox="639 427 788 584"> <tr><td>T/C: 65 seg.</td></tr> <tr><td>C/S: 400 seg.</td></tr> <tr><td>2 Turnos</td></tr> <tr><td>OEE: 60%</td></tr> </table> Datos de Proceso	T/C: 65 seg.	C/S: 400 seg.	2 Turnos	OEE: 60%	máx. 30 Piezas  Flujo de Materiales en Secuencia	 Localizaciones Externas
T/C: 65 seg.							
C/S: 400 seg.							
2 Turnos							
OEE: 60%							
 Transporte por Camión	 Transporte interno	 Supermercado					

Figura 6-2. Simbología VSM

Fuente: (Rajadell Carreras y Sánchez García 2010)

2.2.17. 5S

La herramienta 5S es una metodología que tiene como principio el orden y la limpieza en los puestos de trabajo que, e inculcar la disciplina de conservación de estos principios para su uso diario y constante en el trabajo.

De acuerdo con Rajadell Carreras y Sánchez García (2010, p. 50) la implantación de las 5S sigue un proceso de cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. Los principios básicos de las 5S son cinco pasos o fases, que en japonés se componen con palabras cuya fonética empieza por “s”: *seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke*; que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar (cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa), limpiar e inspeccionar, estandarizar (fijar la norma de trabajo para respetarla) y disciplina (construir autodisciplina y forjar el hábito de comprometerse).

2.2.18. Principios de la metodología 5s

Según Hernandez Matias y Vizán Idoipe (2013, p. 36-37) los principios 5S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ni un conocimiento particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparente simplicidad, se esconde una herramienta potente y multifuncional a la que pocas empresas le han conseguido sacar todo el beneficio posible. Su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa y que afectan, decisivamente, a la eficiencia de la misma:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, técnicas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, técnicas sueltas, embalajes, etc.
- Elementos rotos: mobiliario, cristales, señales, topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.
- Número de averías más frecuentes de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes.
- Falta de espacio en general.

2.2.19. Objetivos de las 5s

Según Rajadell Carreras y Sánchez García (2010) la implantación de las 5S tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, herramientas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, herramientas sueltas, cartones, etc.
- Elementos rotos: topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones y señales comprensibles por todos.
- No usar elementos de seguridad: gafas, botas, auriculares, guantes, etc.
- Averías más frecuentes de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos innecesarios de personas, utillajes y materiales.
- Falta de espacio en la zona de los almacenes.

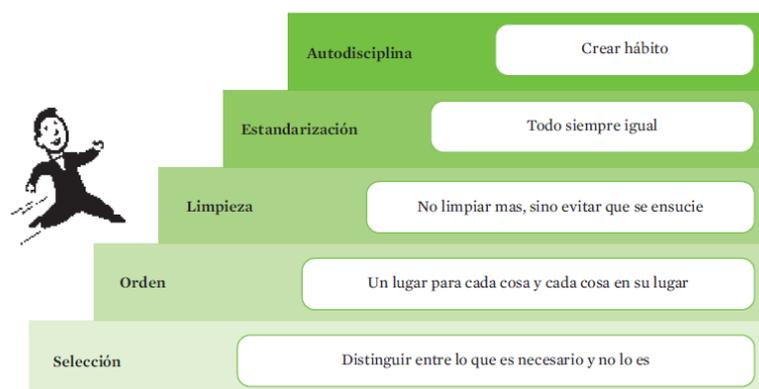


Figura 7-2. Esquema 5s

Realizado por: (Hernandez Matias y Vizán Idoipe 2013)

2.2.20. Etapas de la metodología 5s

2.2.20.1. *Seiri (Eliminar)*

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. La pregunta clave es: “¿es esto útil o inútil?”. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc. En la práctica, el procedimiento es muy simple ya que consiste en usar unas tarjetas rojas para identificar elementos susceptibles de ser prescindibles y se decide si hay que considerarlos como un desecho. (Hernandez Matias y Vizán Idoipe 2013, p. 38)

2.2.20.2. *Seiton (Ordenar)*

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial. La actitud que más se opone a lo que representa *seiton*, es la de “ya lo ordenaré mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier sitio”. La implantación del *seiton* comporta:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado, evitando duplicidades; cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa.

Para su puesta en práctica hay que decidir dónde colocar las cosas y cómo ordenarlas teniendo en cuenta la frecuencia de uso y bajo criterios de seguridad, calidad y eficacia. Se trata de alcanzar el nivel de orden preciso para producir con calidad y eficiencia, dotando a los empleados de un ambiente laboral que favorezca la correcta ejecución del trabajo. (Hernandez Matias y Vizán Idoipe 2013, p. 39)

2.2.20.3. *Seiso (Limpieza e inspección)*

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas, documentos, etc.), adecuarlos para su uso más eficiente (empalmes

rápidos, reubicaciones, etc.), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes, utillajes, etc.) o que están reparados “provisionalmente”. Se trata de dejar las cosas como “el primer día”.

La limpieza es el primer tipo de inspección que se hace de los equipos, de ahí su gran importancia. A través de la limpieza se aprecia si un motor pierde aceite, si existen fugas de cualquier tipo, si hay tornillos sin apretar, cables sueltos, etc. Se debe limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir

Debe insistirse en el hecho de que, si durante el proceso de limpieza se detecta algún desorden, deben identificarse las causas principales para establecer las acciones correctoras que se estimen oportunas.

Otro punto clave a la hora de limpiar es identificar los focos de suciedad existentes (como los lugares donde se producen con frecuencia virutas, caídas de piezas, pérdidas de aceite, etc.) para poder así eliminarlos y no tener que hacerlo con tanta frecuencia, ya que se trata de mantener los equipos en buen estado, pero optimizando el tiempo dedicado a la limpieza. (Hernandez Matias y Vizán Idoipe 2013, pp. 39-40)

2.2.20.4. *Seiketsu (Estandarizar)*

La fase de *seiketsu* permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo.

El principal enemigo del *seiketsu* es una conducta errática, cuando se hace “hoy sí y mañana no”, lo más probable es que los días de incumplimiento se multipliquen. Su aplicación comporta las siguientes ventajas:

- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras “S”.
- Elaborar y cumplir estándares de limpieza y comprobar que éstos se aplican correctamente.
- Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares.
- Crear los hábitos de la organización, el orden y la limpieza.
- Evitar errores en la limpieza que a veces pueden provocar accidentes.

Para implantar una limpieza estandarizada, el procediendo puede basarse en tres pasos:

- Asignar responsabilidades sobre las 3S primeras. Los operarios deben saber qué hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.
- Integrar las actividades de las 5S dentro de los trabajos regulares.
- Chequear el nivel de mantenimiento de los tres pilares. Una vez se han aplicado las 3S y se han definido las responsabilidades y las tareas a hacer, hay que evaluar la eficiencia y el rigor con que se aplican. (Hernandez Matias y Vizán Idoipe 2013, p. 40)

2.2.20.5. *Shitsuke (Disciplina)*

Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligado al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S. Este objetivo la convierte en la fase más fácil y más difícil a la vez. La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas. La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación. El líder de la implantación lean establecerá diversos sistemas o mecanismos que permitan el control visual, como, por ejemplo: flechas de dirección, rótulos de ubicación, luces y alarmas para detectar fallos, tapas transparentes en las máquinas para ver su interior, utillajes de colores según el producto o la máquina, etc.(Hernandez Matias y Vizán Idoipe 2013, p. 41)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1. Datos del diseño

3.1.1. Estructura de caja negra

En esta sección del diseño se realiza el estudio y selección de las alternativas más adecuadas de todos los componentes que conforman el hidratador, siguiendo el orden cronológico de las operaciones y cumpliendo con los principios técnicos y tecnológicos.

En función a los requerimientos de la empresa se estable que la máquina sea capaz de cumplir las necesidades de producción de 2 t/h y el sistema eléctrico en conexión trifásica.

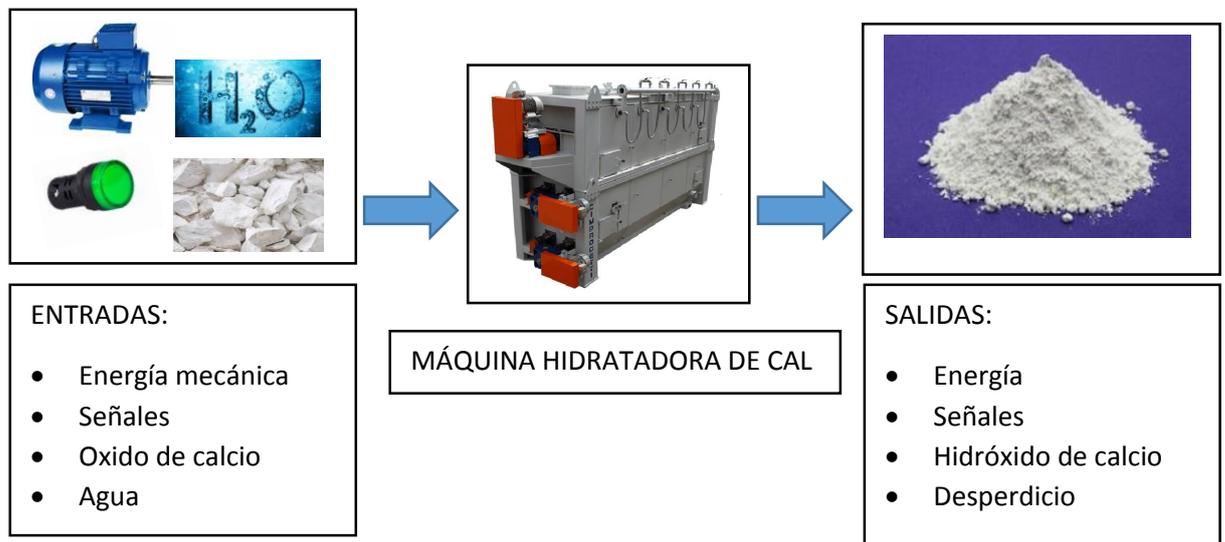


Figura 1-3. Diagrama de caja negra

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Definiciones:

ENTRADAS:

Energía: mecánica, procedente de los motores, energía eléctrica.

Señales: Inicio del funcionamiento de la maquinaria, pulso eléctrico.

Material: Oxido de calcio, agua.

SALIDAS:

Energía: Energía cinética

Señales: Indicadores de funcionamiento

Material: hidróxido de calcio

Desperdicio: carbonato de calcio.

3.1.2. Proceso técnico.

Mediante el estudio de las máquinas hidratadoras de cal que existen en el mercado y el procedimiento a realizar se ha identificado los procesos técnicos que realiza la hidratadora de óxido de calcio, mediante sus principales funciones y secuencia de operaciones.

1. Alimentación: Cargar el óxido de calcio en la tolva.
2. Transporte: transportar el óxido de calcio hacia el sistema de hidratación, mediante un tornillo sin fin.
3. Hidratación: hidratado de óxido de calcio mediante el sistema de paletas rotativas y agua por aspersion.
4. Descarga: Se descarga hidróxido de calcio y se transporta al silo de almacenamiento.

3.1.3. Matriz comparativa de maquinaria relacionada

Definiciones:

M1 = Máquina para apagar cal KLV/KLE

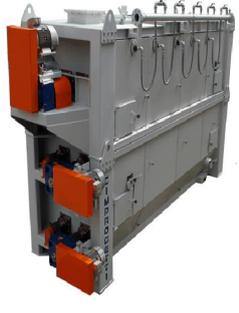
M2 = Hidratador Cim-Hydrax-4G

M3 = Hidratador Cim-Pilot

MP = Máquina propuesta

En la siguiente tabla se muestra la matriz morfológica de las máquinas hidratadoras de óxido de calcio existentes en el mercado y las operaciones esenciales de cada máquina, mencionadas anteriormente.

Tabla 1-3: Matriz comparativa de maquinaria

OPERACIONES	MAQUINAS		
	M1	M2	M3
			
Alimentación	Tolva	Tolva	Tolva
Transporte	Compuerta	Compuerta	Tornillo sin fin
Hidratado	5 ejes paletas tipo martillo	Tornillo sin fin paletas	Tornillo sin fin
Descarga	Plancha	Plancha	Tubería

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Selección de maquinaria propuesta

Tabla 2-3: Máquina Propuesta

OPERACIONES	MAQUINA
	MP
Alimentación	Tolva
Transporte	Tornillo sin fin
Hidratado	3 tornillos sin fin de paletas
Descarga	Tubería

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.1.4. Evaluación técnico – económico de las propuestas

Teniendo en cuenta las propuestas presentadas anteriormente de los diferentes tipos de máquinas hidratadoras de óxido de calcio que existen en el mercado, estas serán sometidas a una evaluación técnica, económica, con la finalidad de elegir la propuesta más adecuada.

Tabla 3-3: Análisis económico

Ítems de evaluación	M1	M2	M3	MP	Mi
Materiales	3	3	2	3	5
Fabricación	2	3	2	4	5
Operación	2	3	3	4	5
Producción	4	3	3	4	5
Mantenimiento	2	2	2	3	5
Puntaje total	13	14	12	18	25
Coefficiente económico = P. Total/P.MP	52%	56%	48%	72%	100 %

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Puntaciones

5 = Totalmente (ideal)

4 = Satisfactorio

3 = Suficiente

2 = Escaso

1 = No cumple

Tabla 4-3: Análisis técnico

Ítems de evaluación	M1	M2	M3	MP	Mi
Facilidad de fabricación.	3	2	2	4	5
Facilidad de operación	2	3	3	3	5
Rendimiento	4	4	4	4	5
Accesorios	3	2	2	4	5
Mantenimiento	3	2	2	3	5
Facilidad de montaje	2	3	2	3	5
Lubricación	4	4	4	4	5
Total	21	20	18	25	35
Coefficiente técnico	60%	57%	51%	71%	100%

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Puntaciones

5 = Totalmente (ideal)

4 = Satisfactorio

- 3 = Suficiente
- 2 = Escaso
- 1 = No cumple

Luego de haber realizado la evaluación técnica, económico se realizó el análisis de los coeficientes para seleccionar la propuesta adecuada para mejorar el sistema de hidratación de cal viva.

Tabla 5-3: Resumen análisis técnico y económico

Maquinaria	Coficiente técnico	Coficiente económico
M1	60%	52%
M2	57%	56%
M3	51%	48%
MP	71%	72%

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

De acuerdo a la tabla 5-3, se estable que la mejor alternativa para mejorar el sistema de hidratación de óxido de calcio es mediante el diseño de la máquina MP, luego de haber cumplido con las características técnicas y económicas.

3.2. Maquina hidratadora de cal viva

Se analiza la correcta selección de material en función al trabajo realizado dentro del hidratador, teniendo en cuenta que se produce un fuerte desprendimiento de calor, una pulverización natural muy fina y un movimiento constante de los materiales dentro del mismo.

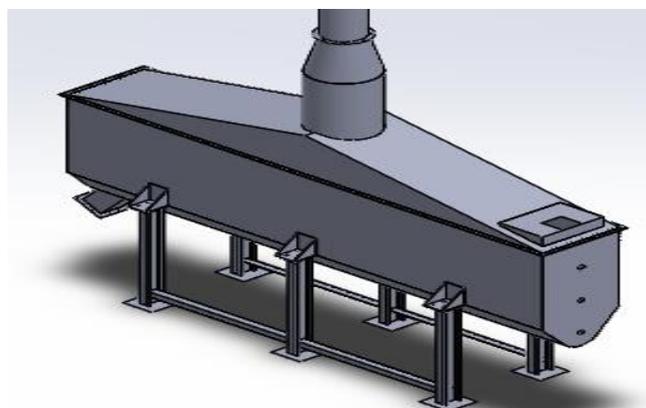


Figura 2-3. Diseño de maquina hidratadora
Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.2.1. Sistema de hidratación

Mediante el análisis realizado de la morfología de las máquinas hidratadoras de óxido de calcio existentes en el mercado, se hace mención a que el sistema de hidratación de óxido de calcio consta de tres mezcladores horizontales con paletas diseñadas para mezclar y transportar continuamente el óxido de calcio en reacción con el agua, sobre la superficie del canalón de cada mezclador, en el cual se obtiene el hidróxido de calcio.

El sistema de hidratación está compuesto de tres cámaras, cada sección consta de un sistema de mezclado y transporte por tornillo sin fin mediante 24 paletas metálicas acopladas en toda su longitud, el cual gira dentro de la superficie liza o cámara que contiene el material y es donde se produce la reacción exotérmica al mezclar el óxido de calcio con el agua.

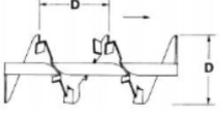
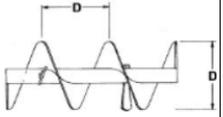
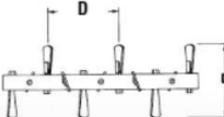
La primera cámara, sirve para generar la reacción producto de la mezcla del óxido de calcio o cal viva y agua, al final de la primera cámara todo el material es depositado en la segunda cámara.

En la segunda cámara, se mezclan los dos materiales completando el ciclo de reacción y duplicando su volumen teniendo ya hidróxido de calcio.

En la tercera cámara, se produce la homogenización del producto terminado y le entrega un tiempo de retención para completar la reacción al finalizar el paso por esta cámara se descarga el hidróxido de calcio.

3.2.2. Sistema de mezclado y transporte

Tabla 6-3: Paletas mezcladoras

FUNCIÓN	PALETAS DE HIDRATADOR			
	P1	P2	P3	Pi
				
Funcionalidad	3	4	5	5
Facilidad de fabricación	2	2	4	5
Facilidad de montaje	3	3	5	5
Transporte de carga	3	4	4	5
Capacidad de mezclado	3	3	5	5
Mantenimiento	2	2	4	5
Total	16	18	27	30
Coficiente	53%	60%	90%	100%

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Definiciones:

P1 = Helicoidal con corte y Doblez, Paso estándar

P2 = Paso estándar con paletas

P3 = Paletas

Puntaciones

5 = Totalmente (ideal)

4 = Satisfactorio

3 = Suficiente

2 = Escaso

1 = No cumple

En función al análisis de la matriz se determina que el sistema de paletas para hidratar tipo P3 es la opción más idónea, puesto que existe una gran facilidad de fabricación, facilidad de montaje y facilidad de mantenimiento debido a que las paletas son intercambiables.

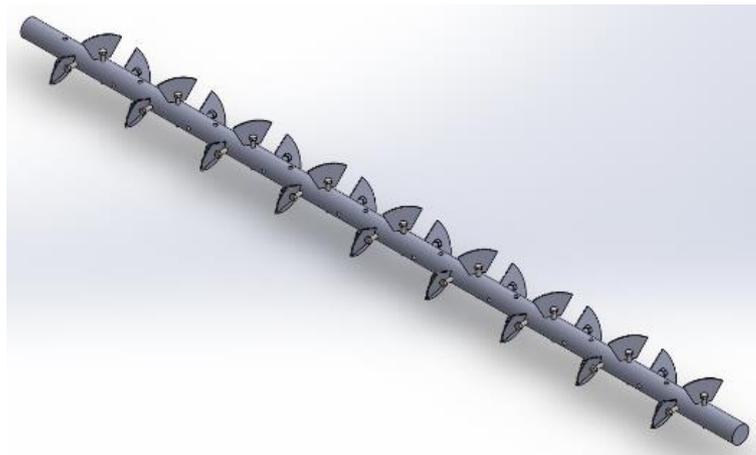


Figura 3-3. Helicoidal de paletas

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.2.3. *Diseño del mezclador y transportador de paletas*

Para el diseño del mezclador y transportador de paletas se requiere mover 2000 pies cúbicos por hora de hidróxido de calcio en un transportador de 4,925m de largo, además los tamaños máximos de las partículas a transportar son menores a 10mm.

3.2.4. *Porcentaje de carga de la artesa*

Determinamos el porcentaje de carga de la artesa de acuerdo con las características de los materiales del catálogo de manejo de materiales de Martin.

Tabla 7-3: Porcentaje de carga de Artesa

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F_m	Carga de Artesa
Café molido, húmedo	35-45	A40-45X	L-S	1	0.6	30A
Café molido, seco	25	A40-35P	L-S	1	0.6	30A
Café tostado en grano	20-30	C1/2-25PQ	S	1	0.4	45
Café, cascarrilla	20	B6-25MY	L-S	1	1	45
Café, grano verde	25-32	C1/2-25PQ	L-S	1	0.5	45
Cal hidratada	40	B6-35LM	H	2	0.8	30A
Cal viva, molida	60-65	B6-35U	L-S-B	1	0.6	30A

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Para lo cual seleccionamos cal hidratada y tenemos un peso de 40 lb por pie cúbico, código de material B6-35LM, rodamiento intermedio H, series de componentes 2, factor de material 0,8, y la carga de la artesa 30A.

Según el catálogo de Martin, cada letra del código de material B6-35LM, tiene su significado en relación con la granulometría del material, fluidez, abrasividad y otras propiedades que a continuación se muestran.

B6: material fino

3: fluido promedio

5: abrasividad media

L: muy polvoso

M: al airearse se convierte en fluido

3.2.5. Cálculo de la capacidad equivalente

Para el cálculo de la capacidad equivalente multiplicamos la capacidad requerida del transportador por los factores de capacidad de acuerdo al paso, al porcentaje de carga, tipo de helicoidal y si es un transportador con paletas mezcladoras.

$$\text{Capacidad equivalente} = \text{capacidad requerida}(C_{F1})(C_{F2})(C_{F3})$$

Para un transportador con paso estándar igual al diámetro del helicoidal tenemos un factor de capacidad, $C_{F1} = 1$

Tabla 8-3: Factor de capacidad para transportador con paso especial

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF_1		
Paso	Descripción	CF_1
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1.00
Corto	Paso = $\frac{1}{2}$ Diámetro del Helicoidal	1.50
Medio	Paso = $\frac{1}{3}$ Diámetro del Helicoidal	2.00
Largo	Paso = $\frac{1}{4}$ Diámetro del Helicoidal	0.67

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Debido a que no se utiliza ninguno de los 3 tipos de helicoidal que se muestran en la *tabla 9-3* se recomienda utilizar un factor de capacidad $C_{F2}=1$

Tabla 9-3: Factor de capacidad para transportador con helicoidales especiales

Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial CF_2			
Tipo de Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal con Corte	1.95	1.57	1.43
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	3.75	2.54
Helicoidal de Listón	1.04	1.37	1.62

*No se recomienda.

Si no se utilizan ninguno de los tipos anteriores de helicoidal: $CF_2 = 1.0$.

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Establecemos el siguiente factor tomando en cuenta un transportador con paletas mezcladoras en el cual se establece que por cada paso se tiene 2 paletas, en consecuencia, se tiene un factor de capacidad $C_{F3}=1.16$

Tabla 10-3: Factor de capacidad para transportador con paletas mezcladoras

Capacidad para Transportador con Paletas Mezcladoras CF_3					
Paletas Estándar de Paso Invertido a 45°	Paletas por Paso				
	Ninguna	1	2	3	4
Factor CF_3	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Por lo tanto,

$$\text{Capacidad equivalente} = \text{capacidad requerida}(C_{F1})(C_{F2})(C_{F3})$$

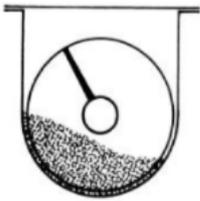
$$\text{Capacidad equivalente} = 2000 \text{ pie}^3/h(1)(1)(1.16)$$

$$\text{Capacidad equivalente} = 2320 \text{ pie}^3/h$$

3.2.6. Determinación del diámetro del mezclador y transportador

Para una carga de artesa 30A y una capacidad equivalente de $2320 \text{ pie}^3/\text{h}$ seleccionamos el diámetro del transportador, velocidad máxima permitida.

Tabla 11-3: Factor de capacidad para transportadores helicoidales horizontales

30% A		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
		30	216.00	12960	60

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Debido a que en el catálogo no se encuentra la capacidad equivalente que necesitamos tomamos el inmediato superior que es de $2500 \text{ pie}^3/\text{h}$, para esta capacidad seleccionamos un diámetro del transportador de 16 pulgadas, la capacidad a 1 rpm de $31.20 \text{ pie}^3/\text{h}$ y una velocidad máxima de 80rpm.

3.2.7. Velocidad de operación del transportador

$$N = \frac{\text{capacidad requerida}}{\text{capacidad requerida a 1 rpm}}$$

$$N = \frac{2320 \text{ pie}^3/\text{h}}{31.20 \text{ pie}^3/\text{h}}$$

$$N = 74,4 \text{ rpm}$$

3.2.8. Cálculo de la potencia requerida

En este punto del diseño se calcula la potencia para mover el transportador vacío con los siguientes parámetros que a continuación se muestra:

$$HP_f = \frac{LNF_d F_b}{1000000}$$

Donde:

HP_f = Potencia en vacío

L= Longitud total del transportador en pies = 16,16

N = Velocidad de operación en RPM = 74,4

F_d = Factor del diámetro del transportador

F_b = Factor del buje para colgante

Determinamos el factor del diámetro del transportador con el diámetro del transportador de 16 pulgadas teniendo un factor $F_d = 106$

Tabla 12-3: Factor del diámetro del transportador

Factor del Diámetro del Transportador, F_d			
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300.0

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Anteriormente en la tabla 7-3 de características de los materiales del transportador, seleccionamos el rodamiento intermedio tipo H, para lo cual en la siguiente ilustración se estable el valor de $F_b = 4.4$

Tabla 13-3: Factor del buje para colgante

Factor del Buje para Colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante F_b
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce <i>Martin</i>	2.0
S	* Bronce Grafitado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * * Nylon * Teflón * UHMH * Uretano	2.0
	* Hierro Endurecido <i>Martin</i>	3.4
H	* Superficie Endurecida * Stellite * Cerámica	4.4

* Bujes no lubricados o bujes sin lubricación adicional.

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Por lo tanto,

$$HP_f = \frac{LN F_d F_b}{1000000}$$

$$HP_f = \frac{16,16ft * 74.4rpm * 106 * 4.4}{1000000}$$

$$HP_f = 0,56$$

3.2.9. Potencia para mover el material

$$HP_m = \frac{CLW F_f F_m F_p}{1000000}$$

Donde:

HP_m = Potencia para mover el material

C = Capacidad = 2320 pie^3/h

L = Longitud total del transportador en pies = 16,16

W = Densidad del material = 138 lb/pie^3

F_f = Factor de helicoidal

F_m = Factor de material = 0,8

F_p = Factor de las paletas

Para determinar el factor de helicoidal ubicamos en la siguiente tabla, el tipo de helicoidal estándar y que la capacidad de carga es del 30%, por lo tanto el factor $F_f = 1$

Tabla 14-3: Factor por porcentaje de carga del transportador

Tipo de Helicoidal	F_f Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doble	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—
*No recomendada				

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Seleccionamos el factor de las paletas estableciendo que se tiene 2 paletas entre pasos, entonces se presenta en la tabla 15-3 el valor de $F_p = 1,58$

Tabla 15-3: Factor de paleta

Factor de Paleta, F_p					
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido					
Número de Paletas por Paso	0	1	2	3	4
Factor de Paleta — F_p	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

$$HP_m = \frac{CLWF_f F_m F_p}{1000000}$$

$$HP_m = \frac{2320 \frac{pie^3}{h} * 16,16ft * \frac{138lb}{pie^3} * 1 * 0,8 * 1,58}{1000000}$$

$$HP_m = 6,54$$

3.2.10. Potencia total de diseño

$$HP_{Total} = \frac{(HP_f + HP_m)F_0}{e}$$

Donde:

F_0 = Factor de sobrecarga

e = Eficiencia de la transmisión

HP_m = Potencia para mover el material

HP_f = Potencia en vacío

El factor de sobrecarga lo determinamos mediante el nomograma que se presenta en la ilustración 4-3, en el cual ubicamos el valor de $(HP_f + HP_m)$ en el eje de las x y trazamos una vertical hacia la diagonal luego una línea horizontal hacia la izquierda y encontramos el valor del factor de sobrecarga. En casos que la condición sea que $(HP_f + HP_m) \geq 5.2$, el valor del factor de sobrecarga es igual a 1

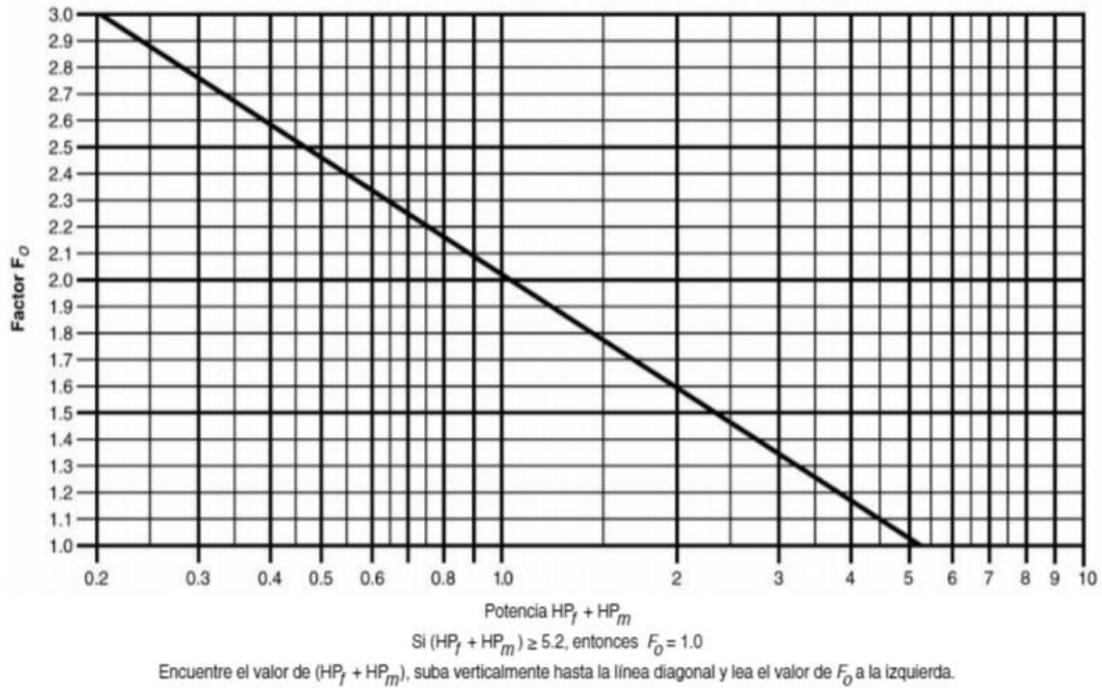


Figura 4-3. Nomograma factor de sobrecarga

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

$$(HP_f + HP_m) \geq 5,2$$

$$(0,56 + 6,54) \geq 5,2$$

Por lo tanto:

$$7,1 \geq 5,2 , \text{ entonces } F_0 = 1$$

Establecemos el valor de la eficiencia de 0,87, teniendo en cuenta que en el diseño vamos a utilizar un motor reductor con trasmisión por cadena. Lo cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 16-3: Factor de coeficiente (e) de las transmisiones

Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones				
Transmisión para Transportador Helicoidal o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	Motorreductor con Cople	Motorreductor con Transmisión de Cadena	Corona Sinfin
.88	.87	.95	.87	Consulte a <i>Martin</i>

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

$$HP_{Total} = \frac{(HP_f + HP_m)F_0}{e}$$

$$HP_{Total} = \frac{(0,56 + 6,54)1}{0,87}$$

$$HP_{Total} = 8,16$$

3.2.11. Cálculo de tubos, ejes y pernos de acoplamiento

El diseño del transportador helicoidal de paletas mezcladoras depende del torque que puedan soportar los ejes, tubos y pernos de acoplamiento.

$$\text{Torque} = \frac{63,025 * HP}{RPM}$$

$$\text{Torque} = \frac{63,025 * 8,16}{74,4}$$

$$\text{Torque} = 6,91lb - \text{pulgadas}$$

En la tabla 17-3 se muestra las capacidades de torsión de los ejes, tubos y pernos, con lo cual comparamos y seleccionamos todas las partes del helicoidal sujeto a esfuerzos.

Tabla 17-3: Capacidades de torsión de los pernos, tubos y ejes

Acoplamiento	Tubo		Ejes		Diámetro del Perno (Pulgadas)	Pernos				
	Ced. 40		Torque (lb-Pulgadas)*			Pernos al Corte (lb-Pulgadas)▼	Resistencia de los Barrenos (lb-Pulgadas)			
	Tamaño (Pulgadas)	Torque (lb-Pulgadas)	Estándar CEMA (C-1018)	Estándar AISI (C-1045)			No. de Pernos		No. de Pernos	
							2	3	2	3
1	1½	3,140	<u>820</u>	999	¾	1,380	2,070	1,970	2,955	
1½	2	7,500	<u>3,070</u>	3,727	½	3,660	5,490	5,000	7,500	
2	2½	14,250	<u>7,600</u>	9,233	¾	7,600	11,400	7,860	11,790	
2½	3	23,100	15,090	18,247	¾	<u>9,270</u>	13,900	11,640	17,460	
3	3½	32,100	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	<u>15,540</u>	23,310	
3	4	43,000	28,370	34,427	¾	<u>16,400</u>	24,600	25,000	37,500	
3½	4	43,300	42,550	51,568	¾	25,600	38,400	<u>21,800</u>	32,700	

▼ Los valores indicados corresponden a pernos grado 2, A307-64. Para pernos grado 5 multiplique ese valor por 2.5.
 * Los valores son para ejes no endurecidos.
 Valores subrayados son factores limitantes.

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Con el valor del torque antes calculado nos dirigimos a la tabla 17-3 y verificando que $6,91lb - \text{pulgadas} < 7600$, por lo tanto, seleccionamos un tubo de 2 pulgadas y media Cedula 40, los ejes de acoplamiento de 2 pulgadas y utilizaremos 2 pernos de 5/8 de pulgada.

3.2.12. Cálculo de la deflexión

$$D = \frac{5WL^3}{384(29000000)(I)}$$

Donde:

D = Deflexión al centro del claro en pulgadas

W = Peso total del helicoidal en libras

L = Longitud del helicoidal en pulgadas

I = Momento de Inercia del tubo o los Ejes

Determinamos el momento de inercia a partir del diámetro de la tubería antes seleccionada en la tabla de tuberías cedula 40, obteniendo un valor de inercia de 1,53.

Tabla 18-3: Inercia tubo cedula 40

Tamaño de Tubo	2"	2½"	3"	3½"	4"	5"	6"	8"	10"
I	.666	1.53	3.02	4.79	7.23	15.2	28.1	72.5	161

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Para determinar el peso total del helicoidal utilizamos la herramienta SolidWorks, en el cual realizamos una simulación y obtenemos 193,40 libras

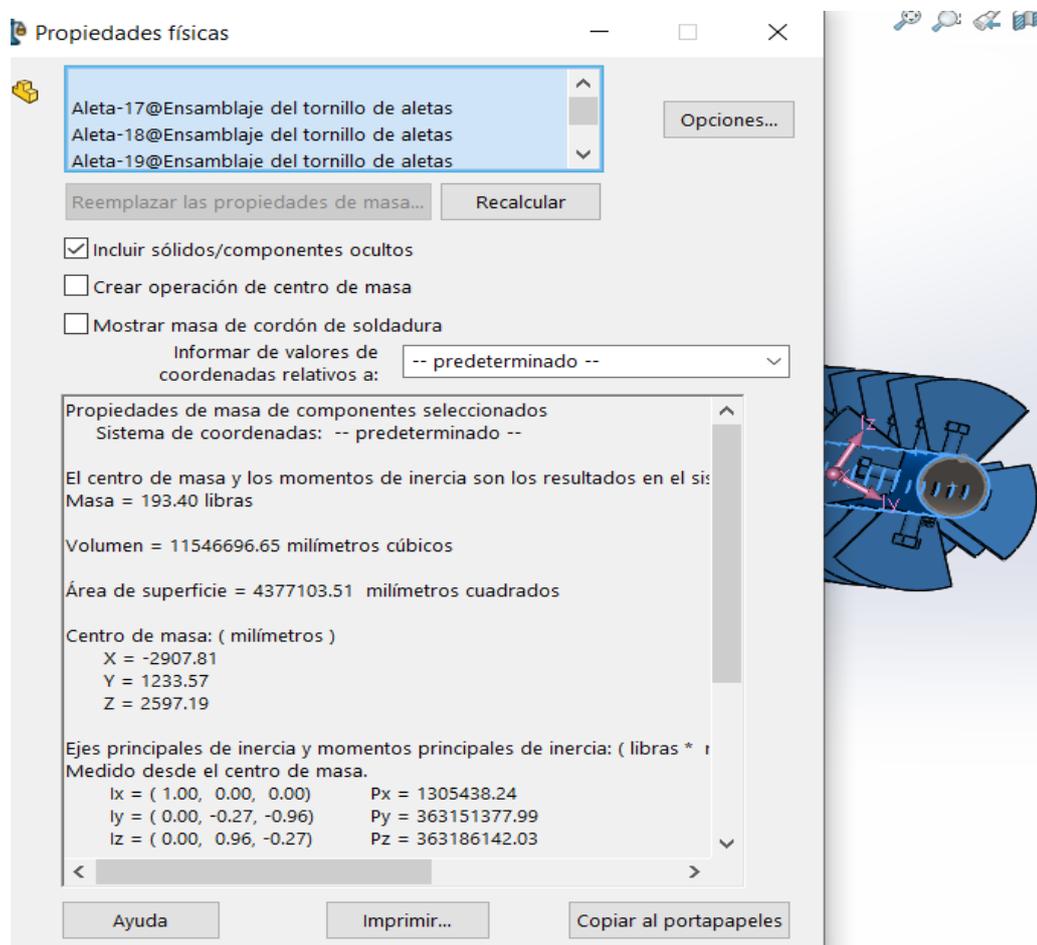


Figura 5-3. Peso de transportador y mezclador de paletas con diámetro de 2 ½ pulgadas.

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Por lo tanto,

$$D = \frac{5WL^3}{384(29000000)(I)}$$

$$D = \frac{5(230,95)(168,45)^3}{384(29000000)(1,53)}$$

$$D = 0,48 \text{ pulgadas}$$

Para diseños de transportadores y mezcladores que el valor de la deflexión exceda 0.25 pulgadas, frecuentemente el problema a de la deflexión se resuelve usando un tubo de mayor diámetro.

Por ende, recalculamos el diámetro del tubo en la tabla 17-3, seleccionamos un tubo de 4 pulgadas de diámetro cedula 40 y en la tabla 18-3 el momento de inercia de 7,23, con estos datos recalculamos la deflexión en el helicoidal.

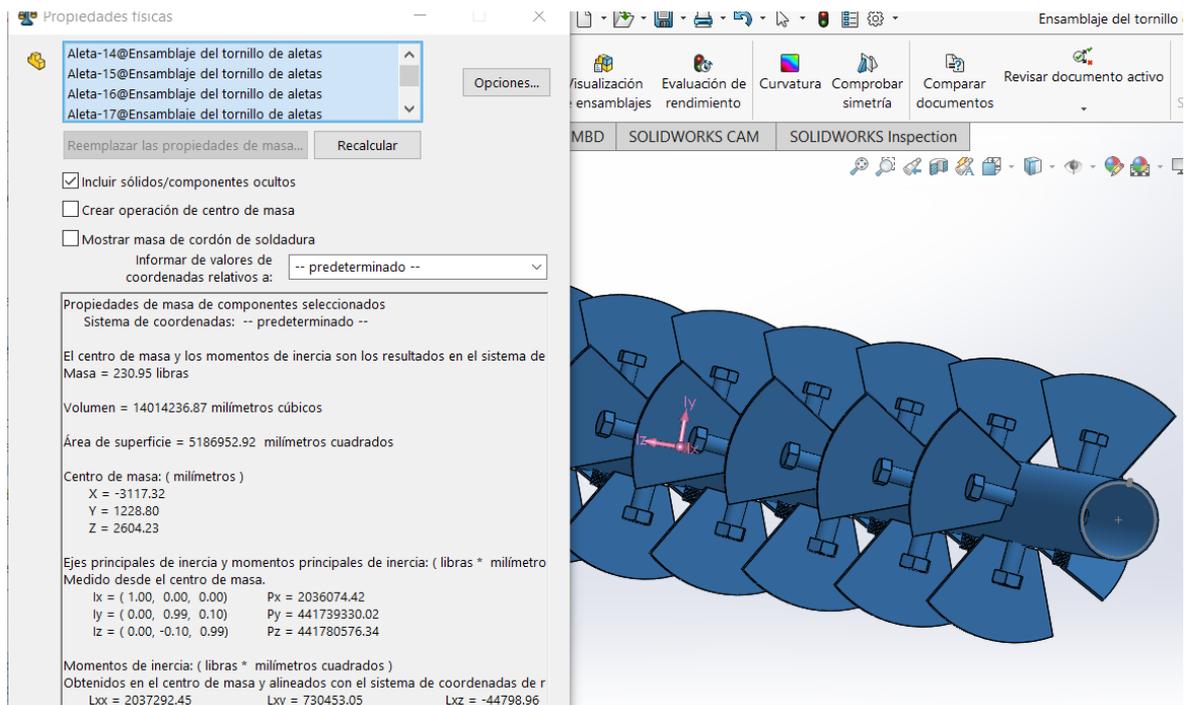


Figura 6-3. Peso de transportador y mezclador de paletas con diámetro de 4 pulgadas

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Recalculamos el peso del helicoidal utilizando la herramienta SolidWorks y obtenemos un peso de 230,95 libras.

$$D = \frac{5WL^3}{384(29000000)(I)}$$

$$D = \frac{5(230,95)(193,89)^3}{384(29000000)(7,23)}$$

Obteniendo un valor de 0.10 pulgadas, cumpliéndose la condición para transportadores y mezcladores que la deflexión no debe exceder las 0.25 pulgadas.

$$0,10 \text{ pulgadas} < 0,25 \text{ pulgadas}$$

3.2.13. Datos del transportador y mezclador de paletas

Diámetro del helicoidal = 16 pulgadas

Paso = 16 pulgadas

Diámetro del tubo: 4 pulgadas

Diámetro del eje de acoplamiento: 3 pulgadas

Pernos de acoplamientos: $\frac{3}{4}$ pulgadas

Potencia necesaria = 8,16 HP

Velocidad del tornillo = 74.4 RPM

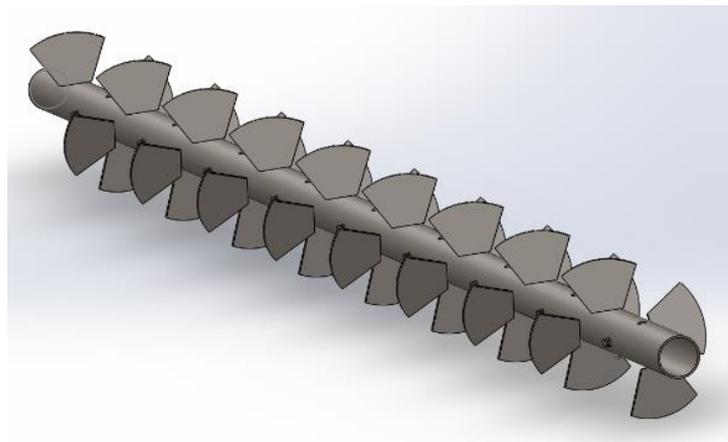


Figura 7-3. Transportador y mezclador con paletas

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.2.14. Diseño de paletas del helicoidal

Las paletas del helicoidal cumplen la función de mezclar y transportar el hidróxido de calcio, las cuales están ensambladas en toda la longitud del tubo del helicoidal respetando el paso antes calculado.

El helicoidal está conformado de 24 paletas las cuales están soldadas con pernos de $\frac{3}{4}$ de pulgada, para el fácil montaje, cambio y mantenimiento de las mismas.

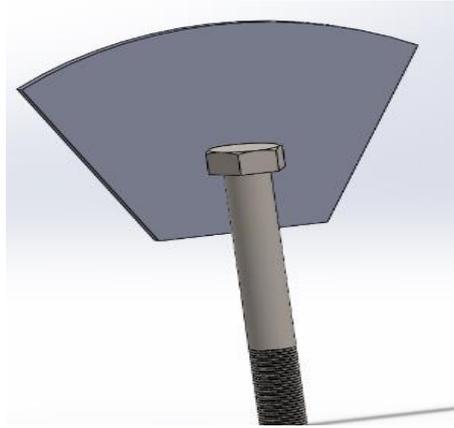


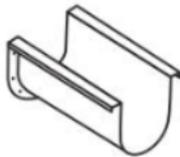
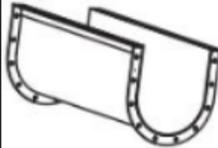
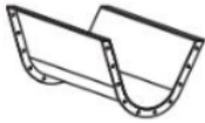
Figura 8.3. Paleta del helicoidal.

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.2.15. Artesa de transportador

La función de la cámara de hidratación es abarcar todos los componentes y sirve de apoyo a la mezcla realizada.

Tabla 19-3: Artesas para transportador

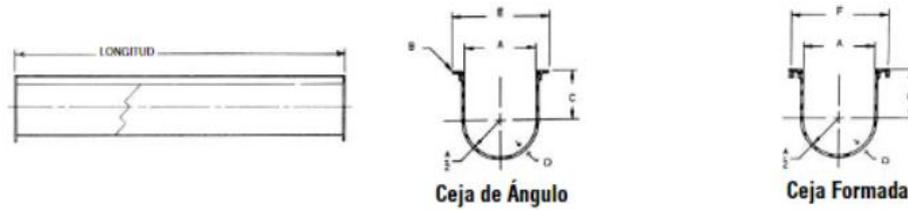
FUNCIÓN	Artesas para el transportador			
	P1	P2	P3	Pi
				
Funcionalidad	5	5	4	5
Facilidad de fabricación	4	4	4	5
Facilidad de montaje	4	3	3	5
Mantenimiento	3	3	4	5
Total	16	15	15	20
Coefficiente	80%	75%	75%	100%

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Para la cámara de mezclado y de reacción utilizaremos una artesa en “U” con ceja formada, ya que cumple las características necesarias para que nuestro sistema de hidratación funcione de la mejor manera.

Tomando en cuenta el diámetro del transportador de 16 pulgadas antes calculado, seleccionamos el espesor de la artesa y modelo.

Tabla 20-3: Selección de la artesa



Diámetro del Transportador	D	Ceja de Ángulo	Artesa con Ceja de Ángulo				Artesa con Ceja Formada ▲				A	B	C	E	F			
			Peso lb		Peso lb		Número de Parte	Peso lb		Peso lb								
			Largo 10"	Largo 5"	Largo 12"	Largo 6"		Largo 10"	Largo 5"	Largo 12"						Largo 6"		
4	16 Cal.	4CTA16	53	29	—	—	4CTF16	41	23	—	—	5	1%	3%	7%	7%		
4	14	4CTA14	60	33	—	—	4CTF14	50	28	—	—						7%	7%
4	12	4CTA12	78	42	—	—	4CTF12	70	38	—	—						7%	7%
6	16 Cal.	6CTA16	67	44	—	—	6CTF16	55	32	—	—	7	1%	4%	9%	9%		
6	14	6CTA14	78	49	—	—	6CTF14	67	38	—	—						9%	9%
6	12	6CTA12	101	60	—	—	6CTF12	91	50	—	—						9%	9%
6	10	6CTA10	123	73	—	—	6CTF10	117	64	—	—						9%	9%
6	7/16	6CTA7	164	86	—	—	6CTF7	150	79	—	—						9%	9%
9	16 Cal.	9CTA16	113	66	—	—	9CTF16	83	51	—	—	10	1%	6%	13%	13%		
9	14	9CTA14	127	73	—	—	9CTF14	99	59	—	—						13%	13%
9	12	9CTA12	156	87	—	—	9CTF12	132	75	—	—						13%	13%
9	10	9CTA10	176	102	—	—	9CTF10	164	91	—	—						13%	13%
9	7/16	9CTA7	230	124	—	—	9CTF7	214	116	—	—						13%	13%
9	1/2	9CTA3	286	152	—	—	9CTF3	276	147	—	—	13%	13%					
10	16 Cal.	10CTA16	118	69	—	—	10CTF16	88	54	—	—	11	1%	6%	14%	14%		
10	14	10CTA14	133	76	—	—	10CTF14	105	62	—	—						14%	14%
10	12	10CTA12	164	92	—	—	10CTF12	140	80	—	—						14%	14%
10	10	10CTA10	178	102	—	—	10CTF10	167	91	—	—						14%	14%
10	7/16	10CTA7	233	131	—	—	10CTF7	217	123	—	—						14%	14%
10	1/2	10CTA3	306	163	—	—	10CTF3	296	158	—	—						14%	14%
12	12 Cal.	12CTA12	197	113	236	135	12CTF12	164	95	197	114	13	2	7%	17%	17%		
12	10	12CTA10	234	133	281	160	12CTF10	187	117	224	140						17%	17%
12	7/16	12CTA7	294	164	353	197	12CTF7	272	150	326	180						17%	17%
12	1/2	12CTA3	372	203	446	244	12CTF3	357	194	428	233						17%	17%
14	12 Cal.	14CTA12	214	121	257	145	14CTF12	183	102	219	122	15	2	9%	19%	19%		
14	10	14CTA10	258	143	309	172	14CTF10	207	127	248	152						19%	19%
14	7/16	14CTA7	328	180	394	216	14CTF7	304	168	365	202						19%	19%
14	1/2	14CTA3	418	224	501	269	14CTF3	403	215	483	258						19%	19%
16	12 Cal.	16CTA12	238	133	285	160	16CTF12	206	107	247	128	17	2	10%	21%	21%		
16	10	16CTA10	288	159	345	191	16CTF10	234	124	281	173						21%	21%
16	3/16	16CTA7	368	200	442	240	16CTF7	345	188	414	226						21%	21%
16	1/2	16CTA3	471	243	565	291	16CTF3	455	228	546	273						21%	21%

Fuente: Catalogo de materiales de Martin

Para un transportador de 16 pulgadas, seleccionamos una artesa de 17 pulgadas con un espesor de 3/16 pulgadas.

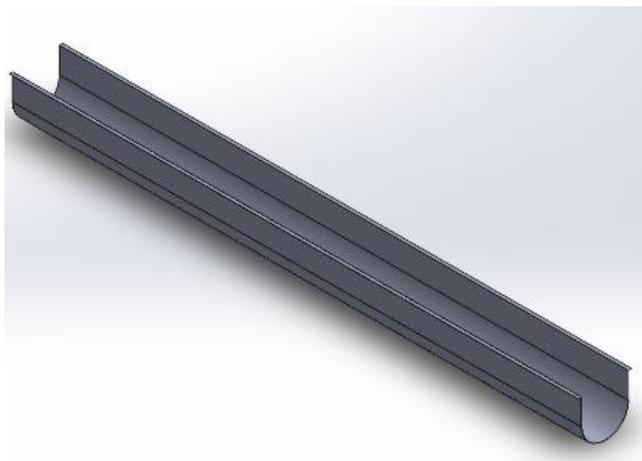


Figura 9-3. Artesa en “U” con ceja formada.

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Se selecciona chapa metálica ASTM A-36 de 5mm, debido a que las cámaras van a estar expuestas a trabajos a altas temperaturas y la constante abrasividad de los materiales durante toda la transición de óxido de calcio a hidróxido de calcio.

3.2.16. Selección de motoreductor

Con los parámetros determinados procedemos a la selección del motor, el cual nos sirve para los tres sistemas tanto el mezclado, el de reacción y el de homogeneizado. En el catálogo de motorreductores coaxiales ROSSI.

Tabla 21-3: Programa de fabricación motoreductores

P_1 kW	n_2 min ⁻¹	M_2 daN m	f_s	Reductor - Motor Réducteur - Moteur			i
1)				2)			
7,5	67,4	102	1,7	MR 3I 101 - 38 × 300	132 M	4	20,8
	72,6	97	1,18	MR 2I 100 - 28 × 250	132 M *	4	19,3
	72,6	97	1,4	MR 2I 101 - 28 × 250	132 M *	4	19,3
	73,1	96	1,18	MR 2I 100 - 38 × 300	132 MC	6	12,3
	73,1	96	1,18	MR 2I 100 - 42 × 350	160 M	6	12,3
	73,1	96	1,4	MR 2I 101 - 38 × 300	132 MC	6	12,3
	73,1	96	1,4	MR 2I 101 - 42 × 350	160 M	6	12,3
	73,7	95	2,36	MR 2I 125 - 38 × 300	132 M	4	19
	73,7	95	3	MR 2I 126 - 38 × 300	132 M	4	19
	77,9	88	1,4	MR 3I 100 - 38 × 300	132 M	4	18
	80,8	87	1,4	MR 2I 100 - 28 × 250	132 M *	4	17,3

Fuente: (Rossi, 2017)

3.2.17. Motoreductor seleccionado

Motoreductor coaxial

Potencia: 7.5 KW

Numero de revoluciones se salida: 77,9 RPM

Par nominal: 88 daN-m

Modelo: MR 3I 100-38X300 132M 4

$i = 18$

3.2.18. Sistema de transmisión

Selección del sistema de transmisión por cadena.

Para diseñar el sistema de transmisión por cadena, tomamos en cuenta varios factores que se muestran a continuación.

- Potencia a transmitir: 8,16 hp
- Velocidad de salida motor reductor: 77,9 rpm

- Velocidad requerida en catalina: 35 RPM

3.2.19. Relación de transmisión (*i*)

Para calcular la relación de transmisión trabajamos con los datos antes establecidos y para tener un tiempo de permanencia prolongado y que se cumpla la reacción dentro de la cámara de hidratación se considera una velocidad de giro del tornillo helicoidal de 35 RPM.

$$i = \frac{n1}{n2}$$

Donde:

n1 = velocidad de piñón en rpm

n2= velocidad de la rueda conducida en rpm

i= relación de transmisión

$$i = \frac{77,9 \text{ RPM}}{40 \text{ RPM}}$$

$$i = 1,95$$

3.2.20. Potencia de diseño

Se especifica el factor de servicio para transmisiones por cadena, tomando en cuenta el tipo de carga y el tipo de impulsor en este caso seleccionamos el factor de servicio $F_s = 1$. Ya que el sistema está diseñado para un transportador con carga ligera y motor eléctrico.

Tabla 22-3: Factores de servicio para transmisiones por cadenas

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

Fuente: (Rossi, 2017)

$$\text{Potencia de diseño} = \text{potencia calculada} * F_s$$

$$\text{Potencia de diseño} = 8,16 \text{ HP} * 1$$

$$\text{Potencia de diseño} = 8,16 \text{ HP}$$

El motoreductor antes seleccionado cumple con la potencia de diseño para el sistema de transmisión debido a que $8,16 \text{ HP} < 10 \text{ HP}$.

3.2.21. Selección de número de dientes de piñón

No se tomarán en lo posible, piñones menores de 17 dientes. Los inconvenientes del efecto poligonal se acentúan a medida que se empleen piñones más pequeños, aumentando el ruido e irregularidad de la transmisión, la magnitud de los choques entre dientes y rodillo y la concentración de los esfuerzos sobre un número de dientes reducido. **Fuente especificada no válida.**

Con las recomendaciones anteriores del catálogo del fabricante seleccionamos un piñón con número de dientes 17.

3.2.22. Selección de cadena

Utilizando la potencia de diseño o corregida y con la velocidad en rpm del piñón seleccionamos el número de cadena en el catálogo del fabricante JORESA.

Potencia = 7.5 kw

Velocidad del piñón = 77,9 rpm

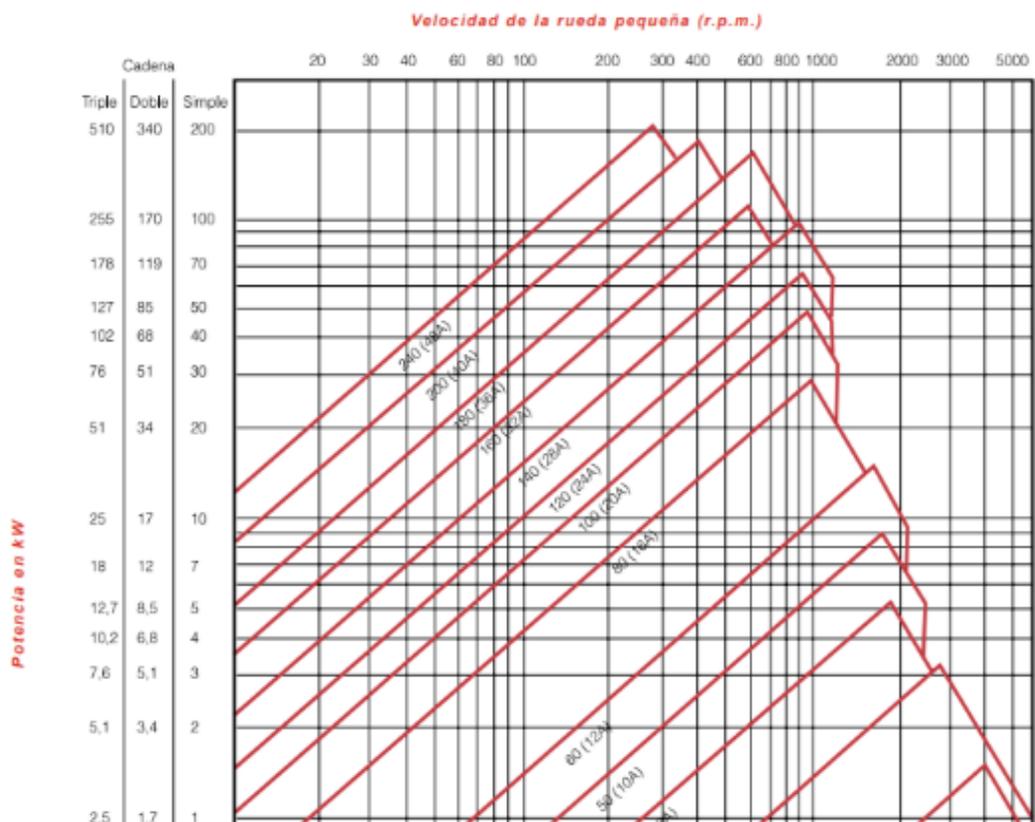


Figura 10-1. Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie americana)
Fuente: (Joressa, 2010)

Una vez ubicada la potencia y la velocidad de la cadena, determinamos que para nuestro diseño se requiere de una Cadena = 80 (16A)

Determinamos el paso a partir del número de cadena en el catálogo SKF de cadenas de transmisión.

Tabla 23-3: Cadenas americanas estándar

N° Cadena Ansi	N° Cadena BS/ISO	Paso P	Diámetro del rodillo d ₁ max	Distancia entre placas interiores b ₁ max	Diámetro del pasador d ₂ max	Longitud del pasador L max	L _C max
-	-	mm	mm	mm	mm	mm	mm
15-1*	03C*	4,7625	2,48	2,38	1,62	6,10	6,90
25-1*	04C-1*	6,350	3,30	3,18	2,31	7,90	8,40
35-1*	06C-1*	9,525	5,08	4,77	3,58	12,40	13,17
41-1	085-1	12,700	7,77	6,25	3,58	13,75	15,00
40-1	08A-1	12,700	7,95	7,85	3,96	16,60	17,80
50-1	10A-1	15,875	10,16	9,40	5,08	20,70	22,20
60-1	12A-1	19,050	11,91	12,57	5,94	25,90	27,70
80-1	16A-1	25,400	15,88	15,75	7,92	32,70	35,00
100-1	20A-1	31,750	19,05	18,90	9,53	40,40	44,70

Fuente: (Mott, 2006)

Para una cadena número 80 de una hilera tenemos un paso $p = 25,4$ mm

3.2.23. Cálculo de número necesario de dientes de la rueda mayor

$$i = \frac{Z2}{Z1}$$

$$Z2 = i * Z1$$

$$Z2 = 1,95 * 17$$

$$Z2 = 33,15$$

$$Z2 = 34$$

3.2.24. Cálculo de diámetro de piñón y rueda conducida

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{Z1}\right)}$$

$$D_1 = \frac{25,4\text{mm}}{\text{sen}\left(\frac{180}{17}\right)}$$

$$D_1 = 138,23 \text{ mm}$$

$$D_2 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{Z_2}\right)}$$

$$D_2 = \frac{25,4 \text{ mm}}{\text{sen}\left(\frac{180}{34}\right)}$$

$$D_2 = 275,28 \text{ mm}$$

3.2.25. Longitud de la cadena en pasos

La distancia entre centros C, de catalinas debe ser de 30 a 50 pasos de cadena (30 a 50 veces el paso de la cadena), por lo tanto asumimos una distancia entre centro de 40 pasos.

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

$$L = 2(40) + \frac{40 + 77,9}{2} + \frac{(77,9 - 40)^2}{4\pi^2 * 40}$$

$$L = 139,86$$

Para la longitud de la cadena es recomendable tener un numero par de pasos, por lo que la longitud final de la cadena es igual a L= 140 pasos

3.2.26. Distancia entre centros de diseño

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C = \frac{1}{4} \left[140 - \frac{40 + 77,9}{2} + \sqrt{\left[140 - \frac{40 + 77,9}{2} \right]^2 - \frac{8(40 - 77,9)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C = 40,20$$

3.2.27. Datos del sistema de transmisión

Todo el dimensionamiento diseñado se utilizará para la transmisión del helicoidal de mezclado, reacción y de homogenización del hidróxido de calcio.

Motor reductor

P = 7,5 kw

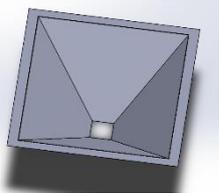
Cadena = número 80, 1 hilera
 Paso = 25,4 mm
 N1 = 77,9 rpm
 N2 = 40 rpm
 Diámetro piñón= 138,23 mm
 Diámetro rueda conducida = 275,28 mm
 Número de dientes piñón Z1 = 17
 Número de dientes catalina Z2 = 34
 Longitud de la cadena = 140 pasos
 Distancia entre centros = 40,20 pasos

3.3. Sistema de alimentación

El óxido de calcio obtenido después del proceso de trituración se encuentra en una granulometría de 1 a 2 cm, este material ingresa al hidratador mediante la tolva de alimentación, por medio de un sistema vibratorio que dosifica desde la tolva hasta el tornillo transportador y finalmente todo el material es depositado en el hidratador.

Por lo tanto, se analiza los distintos tipos de tolvas de alimentación, tomando en cuenta varios parámetros de funcionalidad, facilidad de fabricación, facilidad de montaje y la capacidad de carga.

Tabla 24-3: Sistemas de alimentación

CARACTERÍSTICAS.	TOLVAS DE ALIMENTACIÓN			
	T1	T2	T3	Ti
				
Funcionalidad	3	4	3	5
Facilidad de fabricación	2	4	3	5
Facilidad de montaje	4	4	4	5
Capacidad de carga	3	4	3	5
Total	12	16	13	20
Coeficiente	60%	80%	65%	100%

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Descripción:

T1: Tolva mixta

T2: Tolva trapezoidal

T3: Tolva cónica

Puntaciones

5 = Totalmente (ideal)

4 = Satisfactorio

3 = Suficiente

2 = Escaso

1 = No cumple

3.3.1. Tolva de alimentación

En base a los resultados de los parámetros analizados dentro de la matriz, se establece que la mejor alternativa para el sistema de alimentación del hidratador es una tolva trapezoidal. Dado que, tiene una mejor funcionalidad, capacidad de carga y facilidad de fabricación.

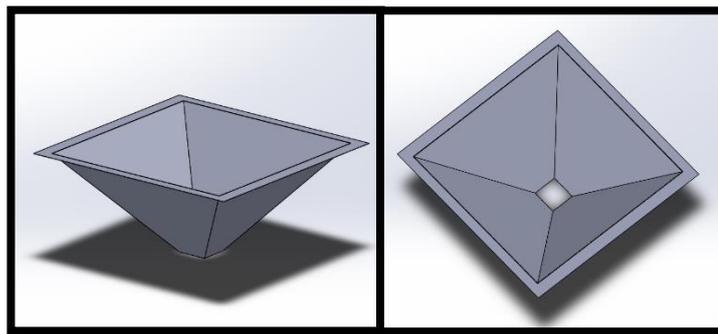


Figura 11-3. Tolva de alimentación.

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

El sistema de alimentación por tolva trapezoidal es diseñado y fabricado en acero ASTM A-36, ya que tendrá contacto constante con el óxido de calcio.

3.3.2. Sistema vibratorio de alimentación

El sistema de vibración que se encuentra a la salida de la tolva y conectada con la tapa de regulación de descarga cumple la función de dosificar el óxido de calcio que se encuentra en la tolva de alimentación hasta el tornillo transportador previa regulación de la tapa de salida de la tolva.

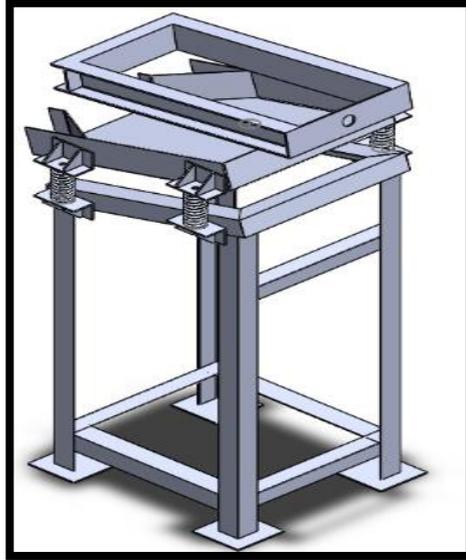


Figura 12-3. Sistema de alimentación.
Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

La estructura vibratoria diseñada consta de la base de vibración, soportes del vibrador, pared posterior, pared trasera, bases de resortes, soportes de eje y chumaceras. Toda esta estructura se estima que tiene un peso de 25kg además de la carga de un aproximado de 550 kg.

3.3.2.1. Calculo en resortes

Rigidez axial

$$K = \frac{G * d^4}{8 * D^3 * N_a}$$

Donde:

D = Diámetro del resorte = 50 mm

d = diámetro del alambre = 5 mm

Na = número de espiras activas = 10

p = paso

G = Modulo de cizalladura = $0.77 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2 = 7700 \text{ kg/mm}^2$

$$K = \frac{G * d^4}{8 * D^3 * N_a}$$

$$K = \frac{(7700 \text{ kg/mm}^2) * (5 \text{ mm})^4}{8 * (50 \text{ mm})^3 * 10}$$

$$K = 0.48 \text{ kg/mm}$$

3.3.2.2. Esfuerzo en los resortes

Los esfuerzos a tener en cuenta bajo la carga P, aplicando sumatoria de fuerzas se muestran a continuación.

Peso = 23kg

$$\sum f_x = 0$$

$$\sum f_y = P$$

$$\sum f_y = 200 \text{ kg}$$

$$M_{tx} = \frac{PD}{2}$$

$$M_{tx} = \frac{50 \text{ kg} * 50\text{mm}}{2}$$

$$M_{tx} = 1250 \text{ kg/mm}$$

3.3.2.3. Momento torsor.

$$\tau = \frac{M_{tx}}{\pi * \frac{d^3}{16}}$$

$$\tau = \frac{1250 \text{ kg/mm}}{\pi * \frac{(5\text{mm})^3}{16}}$$

$$\tau = 50.93 \text{ kg/mm}^2$$

3.3.2.4. Diseño del sistema de Potencia

Este sistema administrará toda la potencia necesaria para realizar el movimiento del eje del vibrador con el cual se dosificará el material hacia el tornillo de alimentación con base a la carga previamente establecida sobre el vibrador de 200 kg procedemos a realizar los cálculos del diseño.

P = 200 kg

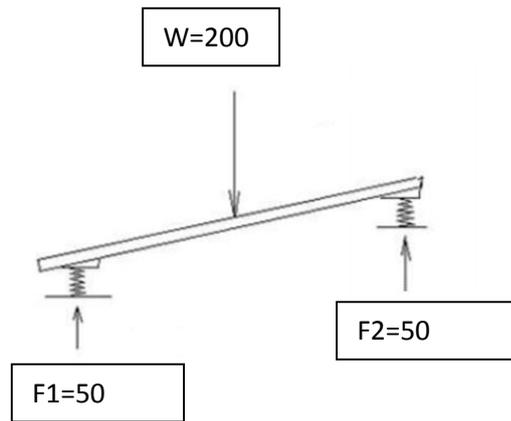


Figura 13-3. Sumatoria de fuerzas

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

$$P = \frac{F * r * \omega}{76}$$

$$P = \frac{200 \text{ kgf} * 0.01 * 10\pi}{76}$$

$$P = 0.83 \text{ HP}$$

3.3.2.5. Potencia corregida

Para determinar la potencia corregida se toma en cuenta la duración diaria del funcionamiento y el tipo de máquina motriz. En nuestro caso tomamos en cuenta un motor trifásico que trabaja 8 horas al día, con una máquina tipo tamiz vibrador.

Tabla 25-3: Calculo de la transmisión – Factor de carga c_2

Ejemplos de máquinas de trabajo	Ejemplos de máquinas motrices					
	Los motores de corriente alterna y trifásicos con par de arranque normal (hasta 1,8 veces el par nominal), p. ej. motores síncronos y monofásicos con fase auxiliar de arranque, motores trifásicos con arranque directo, arranque en estrella-triángulo o con anillo colector; motores de corriente continua en derivación, motores de combustión y turbinas de $n > 600 \text{ min}^{-1}$.			Los motores de corriente alterna y trifásicos con par de arranque elevado (superior a 1,8 veces el par nominal), p. ej. motores monofásicos con par de arranque elevado; motores de corriente continua en serie y combinación; motores de combustión y turbinas de $n \leq 600 \text{ min}^{-1}$.		
	Factor de carga c_2 para funcionamiento diario (horas)			Factor de carga c_2 para funcionamiento diario (horas)		
	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16
Transmisiones ligeras Bombas centrífugas y compresores, cintas transportadoras (para material ligero), ventiladores y bombas hasta 7,5 kW	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Transmisiones medias Cizallas, prensas, transportadoras de cadenas y de cinta (para material pesado), tamices vibratorios, generadores y dinamos, amasadoras, máquinas herramienta (tornos y esmeriladoras), lavadoras, impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Transmisiones pesadas Molinos, compresores de pistón, transportadoras de carga pesada, expulsores (transportadoras helicoidales, de placas, de cangilones, de palas), ascensores, prensas de ladrillos, maquinaria textil, maquinaria de elaboración de papel, bombas de pistones, bombas draga, sierras alternativas, molinos de martillos.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Transmisiones muy pesadas Molinos de carga pesada, trituradoras de piedra, calandrias, mezcladoras, tornos, grúas, dragas, maquinaria pesada para la madera.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Fuente: (Optibelt, 2015)

$$Pc = P * Fc$$

$$Pc = 1HP * 1.2$$

$$Pc = 1.2HP$$

Donde:

P: Potencia calculada

Pc: Potencia corregida o de diseño

Fc: Factor de carga

3.3.2.6. Selección de los 3 motores de las mezcladoras de paletas rotativas

Se seleccionó un motor con los parámetros del diseño antes calculados, para lo cual se utilizó el catalogo WEG Ecuador para motores eléctricos.

Tabla 26-3: Motores eléctricos WEG

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado II/In		Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Inercia J (kgm ²)	Tiempo máx. con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	460 V							
HP	kW			Letra	Ia/In				Caliente	Frio			% de la potencia nominal			Corriente nominal In (A)				
													Rendimiento		Factor de potencia					
		RPM		50	75	100	50	75	100											
IV polos																				
1	0,75	143/5T	3,99	L	8,4	3,2	3,5	0,0049	18	40	18,5	51,0	1760	80,0	84,0	85,5	0,55	0,68	0,75	1,47
1,5	1,1	143/5T	6,00	L	8,4	2,5	3,4	0,0060	14	31	22,0	51,0	1755	82,5	85,5	86,5	0,60	0,70	0,79	2,02
2	1,5	143/5T	8,03	K	8,0	2,7	3,2	0,0066	11	24	23,0	51,0	1750	85,5	86,5	86,5	0,57	0,70	0,79	2,76
3	2,2	182/4T	12,0	K	8,1	2,3	3,4	0,0143	23	51	41,0	56,0	1760	87,5	88,5	89,5	0,61	0,73	0,79	3,91
5	3,7	182/4T	20,0	J	7,5	2,3	3,2	0,0169	15	33	43,0	56,0	1755	88,5	89,5	89,5	0,62	0,74	0,80	6,45
7,5	5,5	213/5T	29,9	H	7,1	2,2	3,1	0,0566	20	44	70,0	58,0	1765	89,5	91,0	91,7	0,66	0,76	0,82	9,18
10	7,5	213/5T	39,8	H	6,4	2,0	3,0	0,0637	17	37	78,0	58,0	1765	91,0	91,7	91,7	0,66	0,77	0,83	12,4

Fuente: (Catalogo Motores trifásicos WEG Latinoamérica, 2016)

Datos selección de motor

Potencia: 1.5 HP

Numero de revoluciones: 1755 rpm

Par nominal: 6.00 Nm

El calculo de la selección del motor aplica para los 3 motores que impulsan a cada uno de los mezcladores de paletas rotativas o hidratadores 1, 2, 3 especificados en el diagrama de potencia, ya que los 3 reazalizan el mismo trabajo conjuntamente.

3.3.2.7. Sistema de transmisión

Potencia = 1HP

Polea conductora = n1 = 1760 rpm

Polea conducida = n2 = 1700 rpm

Diámetro polea conductora = 80 mm

Relación de transmisión

$$i = \frac{n1}{n2}$$

$$i = \frac{1760 \text{ rpm}}{1175 \text{ rpm}}$$

$$i = 1.49$$

$$i = 1.5$$

Diámetro de polea conducida

$$i = \frac{d2}{d1}$$

$$d_2 = D_1 * i$$

$$d_2 = 80 * 1$$

$$d_2 = 80 \text{ mm}$$

3.3.2.8. Selección de correa

Utilizando el gráfico de tipos de correas trapecoidales y tomando en cuenta la potencia de diseño y el número de revoluciones de la polea conductora, ubicamos el perfil de correa más adecuada a utilizar.

$$P_D = 2.62 \text{ HP}$$

$$n_1 = 1760 \text{ rpm}$$

Con los datos anteriormente mencionados obtenemos un perfil de correa tipo "A".

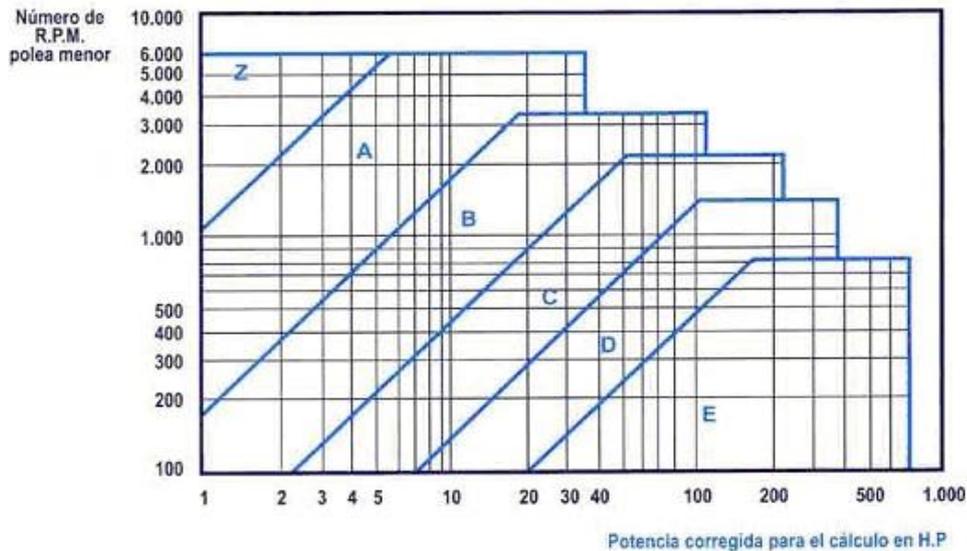


Figura 14-3. Selección de la sección de correa

Fuente: (Optibelt, 2015)

3.3.2.9. Distancia entre ejes

En esta etapa del diseño asumimos una distancia entre ejes de 500 mm, la cual se toma en función a del catálogo de diseño de transmisiones por correa y establece las distancias entre centros mínima de 500mm.

3.3.2.10. Longitud de la correa

Para determinar la longitud de la correa ocupamos el valor de la distancia entre centros anteriormente establecida, en la siguiente ecuación.

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_1 + D_2)^2}{4C}$$

$$L = 2(500\text{mm}) + \frac{\pi}{2}(80\text{mm} + 80\text{mm}) + \frac{(80\text{mm} + 80\text{mm})^2}{4(500\text{mm})}$$

$$L = 1264.13$$

Donde:

L = longitud de la correa

C = Distancia entre ejes

D₁ = Diámetro polea menor

D₂ = Diámetro polea mayor

Tabla 27-3: Longitud primitiva nominal de correas trapezoidales

Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
41	1066	1075	1086	-	-	-
42	1092	1106	1100	-	-	-
43	1117	1134	1140	-	-	-
44	1143	1153	1156	1191	-	-
45	1168	1186	1184	1217	-	-
46	1193	1199	1204	1242	-	-
47	1219	1232	1237	1267	-	-
48	1244	1262	1268	1293	-	-
49	1270	1280	1288	1318	-	-
50	1295	1306	1318	1344	-	-
51	1320	1330	1328	1357	-	-
52	1346	1354	1367	1394	-	-
53	1371	1381	1392	1429	-	-
54	1397	1405	1410	1442	-	-

Fuente: (Optibelt, 2015)

Luego de verificar en el catálogo de longitudes de correas primitivas se establece que el valor corregido para la longitud primitiva nominal de la correa es de 1280 mm con un número de correa de perfil tipo “A”

3.3.2.11. Corrección de distancia entre centros

Lo determinamos mediante la longitud de la correa nominal corregida de 1280 mm.

$$C = \frac{4L - 2\pi((D_1 + D_2) + \sqrt{(4L - 2\pi(D_1 + D_2))^2 - 32((D_2 - D_1)^2)}}{16}$$

$$C = \frac{4(1280) - 2\pi((80 + 80) + \sqrt{(4(1280) - 2\pi(80 + 80))^2 - 32((80 - 54)^2)}}{16}$$

$$C = 514.34 \text{ mm}$$

La distancia entre centros corregido debido a la longitud de la correa normalizada es de 515 mm

3.3.2.12. *Ángulo de contacto de la polea menor*

$$\alpha_1 = 2 \cos^{-1} \left(\frac{D_1 + D_2}{2C} \right)$$

$$\alpha_1 = 2 \cos^{-1} \left(\frac{80\text{mm} + 80\text{mm}}{2(515\text{mm})} \right)$$

$$\alpha_1 = 162.13$$

3.3.2.13. *Prestación base por correa*

Tabla 28-3: Prestaciones base en (HP)

Tabla N° 2 - Sección A																							
N° R.P.M. De la polea menor	Prestación Base (en HP)												Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)										
	Diámetro primitivo de la polea menor (mm)												1.00	1.02	1.05	1.09	1.13	1.19	1.25	1.35	1.52	2.00	
	66	71	76	81	86	91	96	102	107	112	117	122	127	al 1.01	al 1.04	al 1.08	al 1.12	al 1.18	al 1.24	al 1.34	al 1.51	al 1.99	y sobre
1160	0.54	0.69	0.84	0.99	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.84	1.98	2.12	2.26	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20
1750	0.68	0.90	1.11	1.32	1.53	1.73	1.93	2.13	2.33	2.53	2.72	2.91	3.10	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29
3450	0.85	1.21	1.57	1.91	2.25	2.57	2.88	3.19	3.48	3.76	4.02	4.28	4.52	0.00	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58
200	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
400	0.26	0.32	0.38	0.43	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.77	0.82	0.88	0.93	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07

Fuente: (Optibelt, 2015)

76 1.11

80 X

81 1.32

$$\frac{81 - 76}{80 - 76} = \frac{1.32 - 1.11}{x - 1.11}$$

$$x = 1.27$$

$$P_{bk} = P_b + P_{bi}$$

$$P_{bk} = 1.27 + 0$$

$$P_{bk} = 1.27$$

3.3.2.14. *Potencia efectiva por correa*

$$P_e = P_{bk} * F_{cl} * F_{ca}$$

Donde:

P_e = potencia efectiva

P_{bk} = prestación base

Fcl = factor de corrección en función de la longitud

Fca = factor de corrección en función del arco de contacto

Para determinar el factor de corrección en función de la longitud utilizamos el número y tipo de correa y ubicamos el valor en la tabla.

Tabla 29-3: Factor de corrección en función de la longitud de la correa

Longitud correa	Z	A	B	C	D	E
16	0.80	-	-	-	-	-
24	0.83	-	-	-	-	-
26	0.84	0.81	-	-	-	-
31	0.89	0.84	-	-	-	-
35	0.92	0.87	0.81	-	-	-
38	0.93	0.88	0.83	-	-	-
42	0.95	0.90	0.85	-	-	-
46	0.97	0.92	0.87	-	-	-
51	0.99	0.94	0.89	0.80	-	-
55	1.00	0.96	0.90	0.81	-	-
60	-	0.98	0.92	0.82	-	-
68	-	1.00	0.95	0.85	-	-

Fuente: (Optibelt, 2015)

46 0.92

49 X

51 0.94

$$\frac{51 - 46}{49 - 46} = \frac{0.94 - 0.92}{x - 0.92}$$

$$x = 0.932$$

$$Fcl = 0.932$$

Para encontrar el valor del factor de corrección en función del arco de contacto tomamos en cuenta el valor del arco de contacto y en la parte de poleas acanaladas seleccionamos el valor de 0.945

Tabla 30-3: Factor de corrección en función del arco de contacto

Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81

Fuente: (Optibelt, 2015)

164	0.96
162.13	X
160	0.95

$$\frac{164 - 160}{162.13 - 160} = \frac{0.96 - 0.95}{x - 0.95}$$

$$x = 0.955$$

$$Fca = 0.955$$

$$Pe = Pbk * Fcl * Fca$$

$$Pe = 1,27 * 0,932 * 0,955$$

$$Pe = 1,13$$

3.3.2.15. Numero de correas

$$\#Correas = \frac{Pc}{Pe}$$

$$\#Correas = \frac{1,1}{1,13}$$

$$\#Correas = 0,97$$

$$\#Correas = 1$$

3.3.2.16. Fuerzas actuantes sobre el eje

Determinación de torque

$$i = \frac{MT_2}{MT_1}$$

$$MT_2 = MT_1 * i$$

$$MT_2 = 3,99Nm * 1$$

$$MT_2 = 4Nm$$

Fuerza de polea conducida

$$T = F * d$$

$$F_{pc} = \frac{T_{pc}}{D_{pc}/2}$$

$$F_{pc} = \frac{4 Nm}{0,08m/2}$$

$$F_{pc} = 100N$$

Para determinar la fuerza de flexión (Ff) es conveniente saber la relación de ésta con respecto a la fuerza tangencial (Ft)

$$Ff = C Ft$$

Donde C es una constante y depende de las fuerzas F1 y F2. Para Correas Trapezoidales C = 1.5 Y para Correas Planas C =2.

$$\text{Correas Trapezoidales: } Ff = 1.5 Ft = 1.5 T / (D/2)$$

$$\text{Correas Planas: } Ff = 2 Ft = 2 T / (D/2)$$

$$Ff = \frac{1.5T}{D/2}$$

$$Ff = 1.5 * F_{pc}$$

$$Ff = 1.5 * 100N$$

$$Ff = 150N$$

Fuerzas tangenciales.

$$F_{tpcy} = Ff * \cos 30$$

$$F_{tpcz} = Ff * \sen 30$$

Donde:

F_{tpc} = Fuerza tangencial polea conducida

Ff = Fuerza de flexión

$$F_{tpcy} = Ff * \cos 30$$

$$F_{tpcy} = 150N * \cos 30$$

$$F_{tpcy} = 129.90N$$

$$F_{tpcz} = Ff * \sen 30$$

$$F_{tpcz} = 150N * \sen 30$$

$$F_{tpcz} = 75 N$$

Fuerza generada por los pesos

Se agregan dos cargas excéntricas de 0.5Kg a los extremos del eje estos tendrán estos cumplen la función de desplazar el cuerpo del vibrador hacia abajo en cada giro del eje.

$$F = m \cdot g$$

$$F = 0.5Kg * 9.8m/s^2$$

$$F = 4.9N$$

Donde:

F = fuerza generada por excéntrica

m= masa de excéntrica

g = gravedad

Fuerzas en el eje XZ

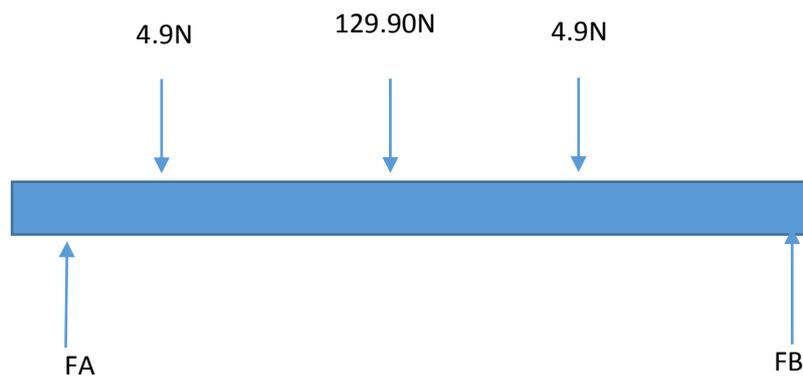


Figura 15-3. Sumatoria de fuerzas en el eje XZ

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

$$\Sigma MA = 0$$

$$-M_B - M_C - M_D + M_E = 0$$

$$R_E = \frac{(4.9N * 0.18m) + (129.90N * 0.3m) + (4.9N * 0.42m)}{0.6}$$

$$R_E = 69.85N$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F_A - F_B - F_C - F_D + F_E = 0$$

$$F_A = 4,9N + 129,90N + 4,9N - 69,85N$$

$$F_A = 69,85N$$

Sección AB $0 \leq x \leq 180$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$F_A - V = 0$$

$$M_A - M = 0$$

$$69,85N - V = 0$$

$$M = F_A * x$$

$$V = 69,85N$$

$$M = 69,85N * 0,18m$$

$$M = 12,57Nm$$

Sección BC $180 \leq x \leq 300$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$\Sigma M_C = 0$$

$$F_A - F_B - V = 0$$

$$M_A - M_B - M = 0$$

$$V = 69,85 - 4,9N$$

$$M = (64,95N * 0,3m) - (4,9N * 0,18m)$$

$$V = 64,95N$$

$$M = 18,60Nm$$

Sección CD $300 \leq x \leq 420$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F_A - F_B - F_C - V = 0$$

$$V = 69,85N - 4,9N - 129,90N$$

$$V = -64,95N$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$M_A - M_B - M_C + M = 0$$

$$M = -(64,95N * 0,42m) + (4,9N * 0,18m) + (129,90 * 0,3m)$$

$$M = 12,57Nm$$

Sección DE $420 \leq x \leq 600$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F_A - F_B - F_C - F_D + V = 0$$

$$V = -69,85N + 4,9N + 129,90N + 4,9N$$

$$V = 69.85N$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$M_A - M_B - M_C - M_D + M = 0$$

$$M = -(69.85N * 0.6m) + (4.9N * 0.18m) + (129.90 * 0.3m) + (4.9 * 0.42)$$

$$M = 0 Nm$$

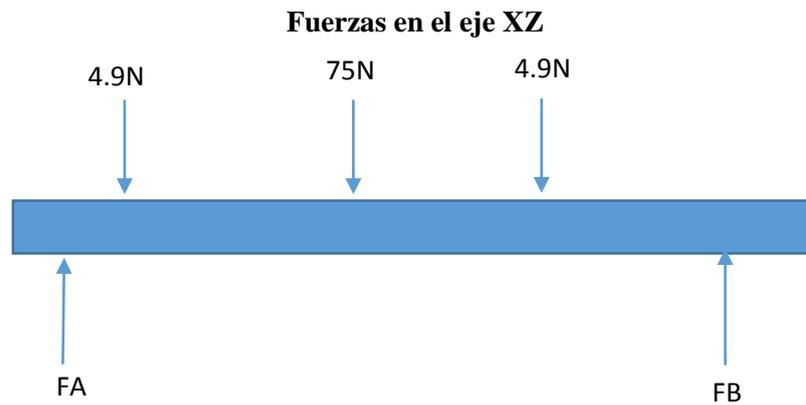


Figura 16-3. Sumatoria de fuerzas en el eje XZ (2)

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

$$\Sigma MA = 0$$

$$-M_B - M_C - M_D + M_E = 0$$

$$R_E = \frac{(4.9N * 0.18m) + (75 * 0.3m) + (4.9N * 0.42m)}{0.6}$$

$$R_E = 42.40Nm$$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F_A - F_B - F_C - F_D + F_E = 0$$

$$F_A = 4.9N + 75N + 4.9N - 42.40N$$

$$F_A = 42.40N$$

Sección AB $0 \leq x \leq 180$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$FA - V = 0$$

$$42.40N - V = 0$$

$$V = 42.40N$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$M_A - M = 0$$

$$M = F_A * x$$

$$M = 42.40N * 0,18m$$

$$M = 7.63Nm$$

Sección BC $180 \leq x \leq 300$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F_A - F_B - V = 0$$

$$V = 42.40N - 4,9N$$

$$V = 37.5N$$

$$\Sigma M_C = 0$$

$$M_A - M_B - M = 0$$

$$M = (37.5 * 0.3m) - (4.9N * 0.18m)$$

$$M = 10,36Nm$$

Sección CD $300 \leq x \leq 420$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F_A - F_B - F_C + V = 0$$

$$V = -42.40N + 4,9N + 75N$$

$$V = 37,50N$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$M_A - M_B - M_C + M = 0$$

$$M = -(37.50 * 0.42m) + (4.9N * 0.18m) + (75N * 0.3m)$$

$$M = -7,63Nm$$

Sección DE $420 \leq x \leq 600$

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F_A - F_B - F_C - F_D + V = 0$$

$$V = -42,40 + 4,9N + 75N + 4.9N$$

$$V = 42,40N$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$M_A - M_B - M_C - M_D + M = 0$$

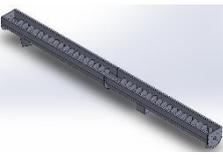
$$M = -(42,40 * 0.6m) + (4.9N * 0.18m) + (75 * 0.3m) + (4.9 * 0.42)$$

$$M = 0 Nm$$

3.3.3. Diseño del sistema alimentación al hidratador

El sistema de transporte cumple la función de trasladar el óxido de calcio desde la tolva de alimentación hasta el hidratador de una manera constante.

Tabla 31-3: Comparación entre sistemas de transporte

SISTEMAS DE TRANSPORTE			
FUNCIÓN	T1 	T2 	Ti
Funcionalidad	2	4	5
Facilidad de fabricación	3	4	5
Facilidad de transportar el material	4	4	5
Costo	2	3	5
Tiempo de fabricación	3	3	5
Total	14	18	25
Coefficiente	52%	72%	100%

*Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

T1: Transporte por cinta

T2: Transporte por tornillo

Puntaciones

5 = Totalmente (ideal)

4 = Satisfactorio

3 = Suficiente

2 = Escaso

1 = No cumple

Mediante el análisis en la matriz de las dos opciones, se concluye que el transporte de alimentación al hidratador debe ser mediante tornillo sin fin, ya que se acopla de mejor manera a la entrada de la cámara del hidratador, dosificación constante, facilidad de fabricación y menor costo.

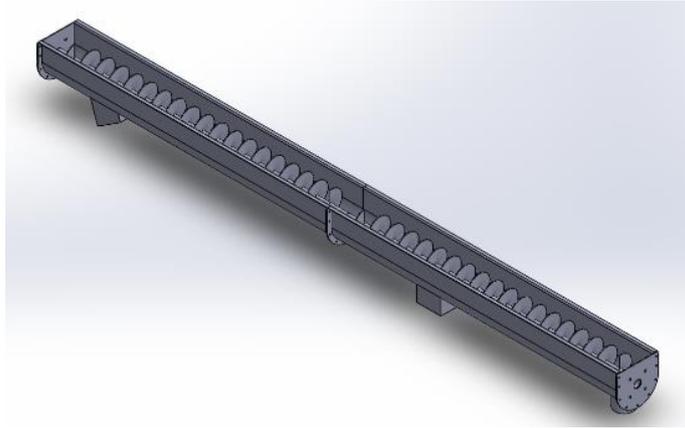


Figura 17-3. Sistema de transporte tornillo helicoidal

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Se selecciona un tornillo tipo hélice de pequeño paso, normalmente la mitad del diámetro, con la capacidad de transportar materiales con una inclinación del tornillo de 20 a 25 grados.

3.3.3.1. Porcentaje de carga de la artesa

Seleccionamos el porcentaje de carga de la artesa dentro del catálogo de Martin, en donde estable que para el material Cal viva, molida tenemos un porcentaje de carga de la artesa de 30A.

Tabla 32-3: Características de los materiales

Material	Peso lb por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material F_m	Carga de Artesa
Café molido, húmedo	35-45	A40-45X	L-S	1	0.6	30A
Café molido, seco	25	A40-35P	L-S	1	0.6	30A
Café tostado en grano	20-30	C1/2-25PQ	S	1	0.4	45
Café, cascarilla	20	B6-25MY	L-S	1	1	45
Café, grano verde	25-32	C1/2-25PQ	L-S	1	0.5	45
Cal hidratada	40	B6-35LM	H	2	0.8	30A
Cal viva, molida	60-65	B6-35U	L-S-B	1	0.6	30A

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

3.3.3.2. Cálculo de la capacidad equivalente

Calculamos la capacidad equivalente multiplicando la capacidad requerida por el factor de capacidad C_{F1} y C_{F2} .

$$\text{Capacidad equivalente} = \text{capacidad requerida}(C_{F1})(C_{F2})(C_{F3})$$

Para un transportador con paso medio igual a medio diámetro del helicoidal tenemos un factor de capacidad, $C_{F1} = 2$

Tabla 33-3: Factor de capacidad para transportador con Paso Especial

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF_1		
Paso	Descripción	CF_1
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1.00
Corto	Paso = $\frac{1}{2}$ Diámetro del Helicoidal	1.50
Medio	Paso = $\frac{1}{3}$ Diámetro del Helicoidal	2.00
Largo	Paso = $\frac{1}{4}$ Diámetro del Helicoidal	0.67

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Seleccionamos el factor de carga $C_{F2}=1$, para un helicoidal simple.

Tabla 34-3: Factor de capacidad para transportador con helicoidal especial

Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial CF_2			
Tipo de Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal con Corte	1.95	1.57	1.43
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	3.75	2.54
Helicoidal de Listón	1.04	1.37	1.62

*No se recomienda.

Si no se utilizan ninguno de los tipos anteriores de helicoidal: $CF_2 = 1.0$.

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Por lo tanto,

$$\text{Capacidad equivalente} = \text{capacidad requerida}(C_{F1})(C_{F2})$$

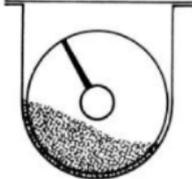
$$\text{Capacidad equivalente} = 350 \text{ pie}^3/\text{h}(2)(1)$$

$$\text{Capacidad equivalente} = 700 \text{ pie}^3/\text{h}$$

3.3.3.3. Determinación del diámetro del mezclador y transportador

Para una carga de artesa 30A y una capacidad equivalente de $700 \text{ pie}^3/\text{h}$ seleccionamos el diámetro del transportador y velocidad máxima permitida.

Tabla 35-3: Capacidad para transportadores helicoidales horizontales

30% A		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
		30	216.00	12960	60

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Con la capacidad de carga calculada, seleccionamos 10 pulgadas de diámetro del helicoidal el cual trabajara a una velocidad máxima de 95 RPM.

3.3.3.4. Velocidad de operación del transportador

$$N = \frac{\text{capacidad requerida}}{\text{capacidad requerida a 1 rpm}}$$

$$N = \frac{700 \text{ pie}^3/h}{7,37 \text{ pie}^3/h}$$

$$N = 94,97 \text{ rpm}$$

3.3.3.5. Cálculo de la potencia requerida

Potencia para mover el transportador vacío

$$HP_f = \frac{LNF_dF_b}{1000000}$$

Donde:

L= Longitud total del transportador en pies = 16

N= Velocidad de operación en RPM = 94,97

F_d = Factor del diámetro del transportador

F_b = Factor del buje para colgante

Determinamos el factor de diámetro $F_d = 37$, el cual corresponde a un helicoidal del diámetro 10 pulgadas.

Tabla 36-3: Factor del diámetro del transportador

Factor del Diámetro del Transportador, F_d			
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300.0

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

El factor del buje lo seleccionamos en función del tipo de rodamiento interno antes seleccionado en la capacidad de la artesa, tomando en cuenta la designación B para rodamiento de bolas tenemos un factor $F_b = 1$

Tabla 37-3: Factor del buje para colgante

Factor del Bujete para Colgante		
Tipo de Bujete		Factor del Bujete para Colgante F_b
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce <i>Martin</i>	2.0
S	* Bronce Grafitado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * * Nylon * Teflón * UHMH * Uretano	2.0
	* Hierro Endurecido <i>Martin</i>	3.4
H	* Superficie Endurecida * Stellite * Cerámica	4.4

* Bujetes no lubricados o bujetes sin lubricación adicional.

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Por lo tanto,

$$HP_f = \frac{LN F_a F_b}{1000000}$$

$$HP_f = \frac{16ft * 94,95rpm * 37 * 1}{1000000}$$

$$HP_f = 0,056$$

3.3.3.6. Potencia para mover el material

$$HP_m = \frac{CLW F_f F_m}{1000000}$$

Donde:

C = Capacidad = 700 pie^3/h

L = Longitud total del transportador en pies = 16

W = Densidad del material = 208,50 lb/pie^3

F_f = Factor de helicoidal

F_m = Factor de material = 0,6

Seleccionamos el tipo de helicoidal estándar y que la capacidad de carga es del 30%, por lo tanto el factor $F_f = 1$

Tabla 38-3: Factor por porcentaje de carga del transportador

Tipo de Helicoidal	F_f Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doblez	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—
*No recomendada				

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

$$HP_m = \frac{CLWF_f F_m}{1000000}$$

$$HP_m = \frac{700 \frac{pie^3}{h} * 16ft * \frac{208,50lb}{pie^3} * 1 * 0,6}{1000000}$$

$$HP_m = 1,40$$

3.3.3.7. Potencia total de diseño

$$HP_{Total} = \frac{(HP_f + HP_m)F_0}{e}$$

Donde:

F_0 = Factor de sobrecarga

e = Eficiencia de la transmisión

Factor de sobrecarga

$$(HP_f + HP_m) \geq 5.2 ; F_0 = 1$$

$$1,456 \leq 5,2$$

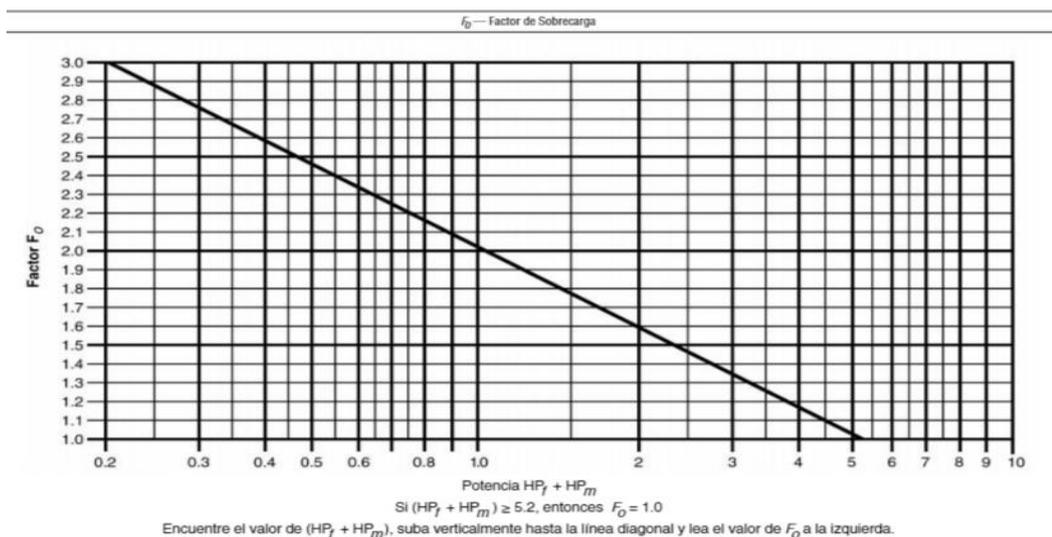


Figura 18-3. Nomograma factor de sobrecarga

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

En el nomograma con el valor de 1,456 en el eje de las x trazamos una vertical hasta la diagonal en este punto trazaos una línea horizontal hacia la izquierda y encontramos en la escala el valor del facto de sobrecarga $F_0 = 1,79$.

Nuestro transportador helicoidal estará dotado por un sistema de transmisión por cadena por lo tanto el factor de eficiencia $e = 0,87$

Tabla 39-3: Factor de eficiencia (e) de las transmisiones

Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones				
Transmisión para Transportador Helicoidal o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	Motorreductor con Cople	Motorreductor con Transmisión de Cadena	Corona Sintin
.88	.87	.95	.87	Consulte a <i>Martin</i>

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

$$HP\ Total = \frac{(HP_f + HP_m)F_0}{e}$$

$$HP\ Total = \frac{(0,056 + 1,40)1,79}{0,87}$$

$$HP\ Total = 2,99$$

3.3.3.8. Cálculo de tubos, ejes y pernos de acoplamiento

El diseño del transportador helicoidal de paletas mezcladoras depende del torque que puedan soportar los ejes, tubos y pernos de acoplamiento.

$$Torque = \frac{63,025 * HP}{RPM}$$

$$Torque = \frac{63,025 * 3}{94,95}$$

$$Torque = 2lb - pulgadas$$

Ya que en el catálogo no se encuentra el valor calculado escogemos el torque más cercado o próximo, por lo cual seleccionamos el diámetro del tubo de 2 pulgadas cedula 40 con un diámetro del eje de 1 1/2 pulgadas, 2 pernos de acoplamiento de 1/2 pulgada.

Tabla 40-3: Capacidades de torsión de los pernos, tubos y ejes.

Acoplamiento	Tubo		Ejes		Diámetro del Perno (Pulgadas)	Pernos			
	Ced. 40		Torque (lb-Pulgadas)*			Pernos al Corte (lb-Pulgadas)▼	Resistencia de los Barrenos (lb-Pulgadas)		
	Tamaño (Pulgadas)	Torque (lb-Pulgadas)	Estándar CEMA (C-1018)	Estándar ANSI (C-1045)			No. de Pernos		No. de Pernos
						2	3	2	3
1	1½	3,140	820	999	¾	1,380	2,070	1,970	2,955
1½	2	7,500	3,070	3,727	¾	3,660	5,490	5,000	7,500
2	2½	14,250	7,600	9,233	¾	7,600	11,400	7,860	11,790
2½	3	23,100	15,090	18,247	¾	9,270	13,900	11,640	17,460
3	3½	32,100	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	15,540	23,310
3	4	43,000	28,370	34,427	¾	16,400	24,600	25,000	37,500
3½	4	43,300	42,550	51,568	¾	25,600	38,400	21,800	32,700

▼ Los valores indicados corresponden a pernos grado 2, A307-64. Para pernos grado 5 multiplique ese valor por 2.5.
 Los valores son para ejes no endurecidos.
 Valores subrayados son factores limitantes.

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

3.3.3.9. Cálculo de la deflexión

$$D = \frac{5WL^3}{384(29000000)(I)}$$

Donde:

D = Deflexión al centro del claro en pulgadas

W = Peso total del helicoidal en libras

L = Longitud del helicoidal en pulgadas

I = Momento de Inercia del tubo o los Ejes

Determinamos el momento de inercia con el diámetro del tubo antes seleccionado en la ilustración de tuberías cedula 40, obteniendo un valor de inercia de 0.666.

Tabla 41-3: Inercia tubo cedula 40

Tamaño de Tubo	2"	2½"	3"	3½"	4"	5"	6"	8"	10"
I	.666	1.53	3.02	4.79	7.23	15.2	28.1	72.5	161

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Calculamos el peso del helicoidal en libras con el uso de la herramienta SolidWorks.

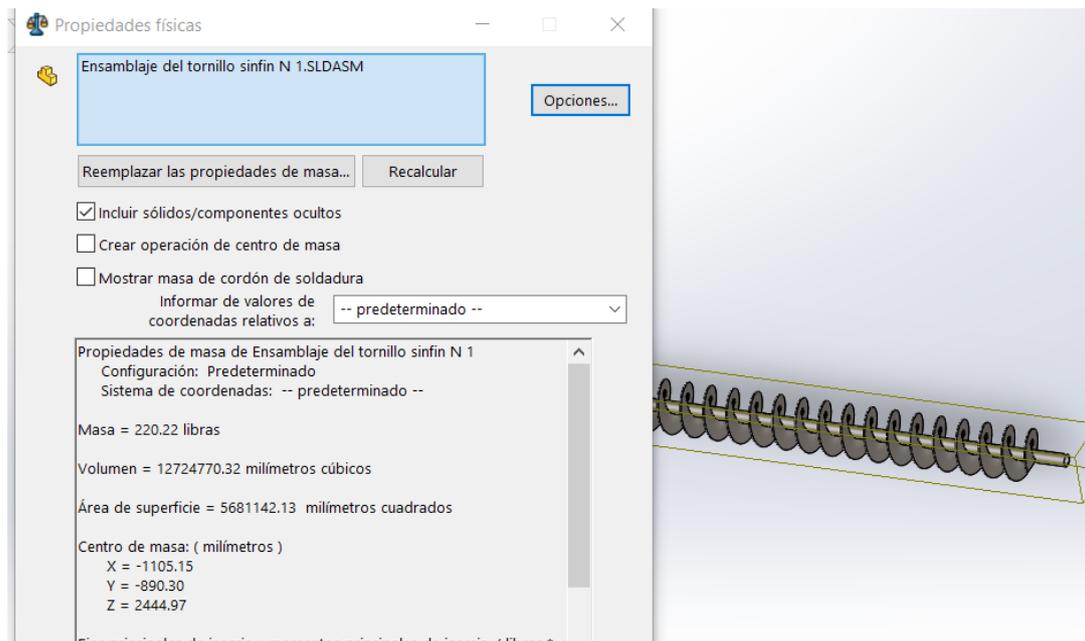


Figura 19-3. Peso de transportador

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

$$W = 220 \text{ lb}$$

Por lo tanto,

$$D = \frac{5WL^3}{384(29000000)(I)}$$

$$D = \frac{5(220\text{lb})(192,72)^3}{384(29000000)(0,666)}$$

$$D = 1,06 \text{ pulgadas}$$

Para diseños de transportadores y mezcladores que el valor de la deflexión exceda 0.25 pulgadas, frecuentemente el problema a de la deflexión se resuelve usando un tubo de mayor diámetro. Recalculados la deflexión aumentando el diámetro del tubo a 3 pulgadas y una inercia de 3,02.

$$D = \frac{5WL^3}{384(29000000)(I)}$$

$$D = \frac{5(230,95)(193,89)^3}{384(29000000)(3,02)}$$

$$D = 0,23 \text{ pulgadas}$$

Cumpléndose la condición, $0,23 \text{ pulgadas} < 0,25 \text{ pulgadas}$

3.3.3.10. *Datos del transportador y mezclador de paletas.*

Diámetro del helicoidal = 16 pulgadas

Paso = 8 pulgadas

Diámetro del tubo: 3 pulgadas

Diámetro del eje de acoplamiento: 2 ½ pulgadas

Pernos de acoplamientos: ½ pulgadas

Potencia necesaria = 3 HP

Velocidad del tornillo = 94,95 RPM

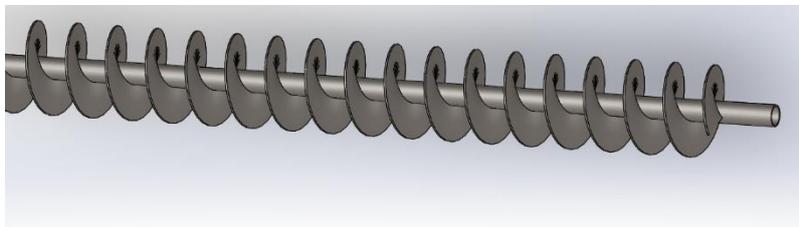


Figura 20-3. Transportador Helicoidal.

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.3.3.11. *Selección de motoreductor*

Tabla 42-3: Programa de fabricación de motoreductores

51.1	54	1,18	MR 31	80	- 28 x 250	112 MA	4	27,4
51.1	54	1,5	MR 31	81	- 28 x 250	112 MA	4	27,4
53.6	51	0,8	MR 31	64	- 24 x 200	112 MA *	4	26,1
53.9	51	2,5	MR 31	100	- 28 x 250	112 MA	4	26
55.4	51	1,12	MR 21	80	- 28 x 250	112 MC	6	16,3
55.4	51	1,4	MR 21	81	- 28 x 250	112 MC	6	16,3
57.1	49,2	1,06	MR 21	80	- 24 x 200	112 MA *	4	24,5
57.7	47,7	1,32	MR 31	80	- 28 x 250	112 MA	4	24,3
57.7	47,7	1,8	MR 31	81	- 28 x 250	112 MA	4	24,3
59.3	46,4	0,9	MR 31	64	- 24 x 200	112 MA *	4	23,6
59.8	47	2,24	MR 21	100	- 28 x 250	112 MA	4	23,4
62.1	45,2	1,32	MR 21	80	- 28 x 250	112 MC	6	14,5
62.1	45,2	1,7	MR 21	81	- 28 x 250	112 MC	6	14,5

Fuente: (Rossi, 2017)

Por efectos del diseño y el transporte del material sea adecuado se disminuye el valor de Rpm antes calculado para el transportador dejándolas en 60 RPM, por lo cual seleccionamos un motorreductor del catálogo de Rossi.

Motoreductor seleccionado

Motoreductor coaxial

Potencia: 3 KW

Numero de revoluciones se salida: 62.1 RPM

Par nominal: 45.2 daN-m

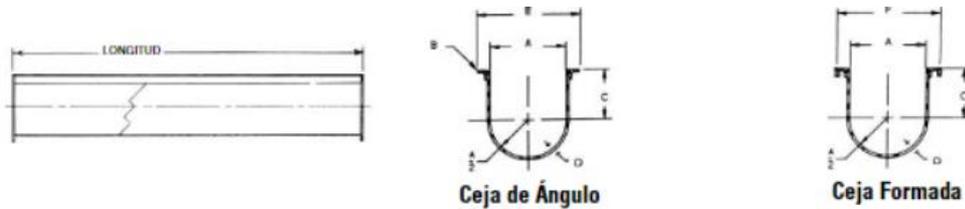
Modelo: MR 2I 80-28X250 112MC 6

$i = 14.5$

3.3.3.12. Artesa de transportador

Para la cámara de mezclado y de reacción utilizaremos una artesa en “U” con ceja formada, ya que cumple las características necesarias para que nuestro sistema de hidratación funcione de la mejor manera.

Tabla 43-3: Espesor y modelo de la artesa



Diámetro del Transportador	D	Ceja de Ángulo	Artesa con Ceja de Ángulo				Artesa con Ceja Formada ▲				A	B	C	E	F	
			Peso lb		Peso lb		Número de Parte	Peso lb		Peso lb						
			Largo 10"	Largo 5"	Largo 12"	Largo 6"		Largo 10"	Largo 5"	Largo 12"						Largo 6"
4	16 Cal.	4CTA16	53	29	—	—	4CTF16	41	23	—	—	5	1%	3%	7%	7%
4	14	4CTA14	60	33	—	—	4CTF14	50	28	—	—				7%	7%
4	12	4CTA12	78	42	—	—	4CTF12	70	38	—	—				7%	7%
6	16 Cal.	6CTA16	67	44	—	—	6CTF16	55	32	—	—	7	1%	4%	9%	9%
6	14	6CTA14	78	49	—	—	6CTF14	67	38	—	—				9%	9%
6	12	6CTA12	101	60	—	—	6CTF12	91	50	—	—				9%	9%
6	10	6CTA10	123	73	—	—	6CTF10	117	64	—	—				9%	9%
6	7/8	6CTA7	164	86	—	—	6CTF7	150	79	—	—				9%	9%
9	16 Cal.	9CTA16	113	66	—	—	9CTF16	83	51	—	—	10	1%	6%	13%	13%
9	14	9CTA14	127	73	—	—	9CTF14	99	59	—	—				13%	13%
9	12	9CTA12	156	87	—	—	9CTF12	132	75	—	—				13%	13%
9	10	9CTA10	176	102	—	—	9CTF10	164	91	—	—				13%	13%
9	7/8	9CTA7	230	124	—	—	9CTF7	214	116	—	—				13%	13%
9	3/4	9CTA3	286	152	—	—	9CTF3	276	147	—	—				13%	13%
10	16 Cal.	10CTA16	118	69	—	—	10CTF16	88	54	—	—	11	1%	6%	14%	14%
10	14	10CTA14	133	76	—	—	10CTF14	105	62	—	—				14%	14%
10	12	10CTA12	164	92	—	—	10CTF12	140	80	—	—				14%	14%
10	10	10CTA10	178	102	—	—	10CTF10	167	91	—	—				14%	14%
10	7/8	10CTA7	233	131	—	—	10CTF7	217	123	—	—				14%	14%
10	3/4	10CTA3	306	163	—	—	10CTF3	296	158	—	—				14%	14%

Fuente: (Catalogo de materiales de Martin, 2016)

Tomando en cuenta el diámetro del transportador de 10 pulgadas antes calculado, seleccionamos el espesor de la artesa y modelo.

La artesa del transportador la cual acoge el óxido de calcio y tenerlo separado del medio exterior. Se determina que el diámetro de la artesa de 11 pulgadas y 3/16 pulgadas de espesor para un diámetro del transportador de 10 pulgadas y constituido de chapa metálica ASTM A-36 de 3mm, debido a que va a contener y mantenerse en constante movimiento el óxido de calcio que es levemente abrasivo.

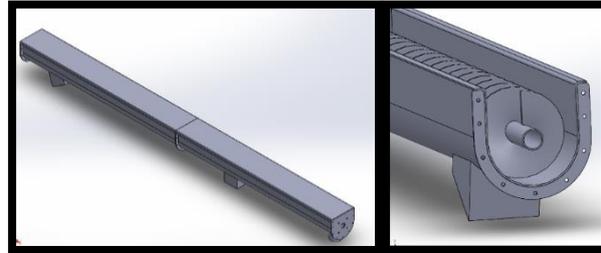


Figura 21-3. Carcasa y canalón.

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.3.4. Sistema de transmisión

Selección del sistema de transmisión por cadena.

Para diseñar el sistema de transmisión por cadena, tomamos en cuenta varios factores que se muestran a continuación.

- Potencia a transmitir: 4 hp
- Velocidad de salida motor reductor: 62.1 rpm
- Velocidad requerida en catalina: 50 rpm

3.3.4.1. Relación de transmisión (*i*)

Para calcular la relación de transmisión trabajamos con los datos antes establecidos y para tener un tiempo de permanencia prolongado y que se cumpla la reacción dentro de la cámara de hidratación se considera una velocidad de giro del tornillo helicoidal de 50 RPM.

$$i = \frac{n1}{n2}$$

Donde:

n1 = velocidad de piñón en rpm

n2= velocidad de la rueda conducida en rpm

i= relación de transmisión

$$i = \frac{62.1 \text{ RPM}}{50 \text{ RPM}}$$

$$i = 1,24$$

3.3.4.2. Potencia de diseño

Se especifica el factor de servicio para transmisiones por cadena, tomando en cuenta el tipo de carga y el tipo de impulsor en este caso seleccionamos el factor de servicio $F_s = 1$. Ya que el sistema está diseñado para un transportador con carga ligera y motor eléctrico.

Tabla 44-3: Factores de servicio para transmisión por cadena

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

Fuente: Mott, 2006

$$\text{Potencia de diseño} = \text{potencia calculada} * F_s$$

$$\text{Potencia de diseño} = 4 \text{ HP} * 1$$

$$\text{Potencia de diseño} = 4 \text{ HP}$$

El motoreductor antes seleccionado cumple con la potencia de diseño para el sistema de transmisión debido a que $3 \text{ HP} < 4 \text{ HP}$.

3.3.4.3. Selección de número de dientes de piñón

Según Fuente especificada no válida. es recomendable utilizar piñón con 17 dientes. .

3.3.4.4. Selección de cadena

Utilizando la potencia de diseño o corregida y con la velocidad den rpm del piñón seleccionamos el número de cadena en el catálogo del fabricante JORESA.

Potencia = 3 kw

Velocidad del piñón = 77,9 rpm

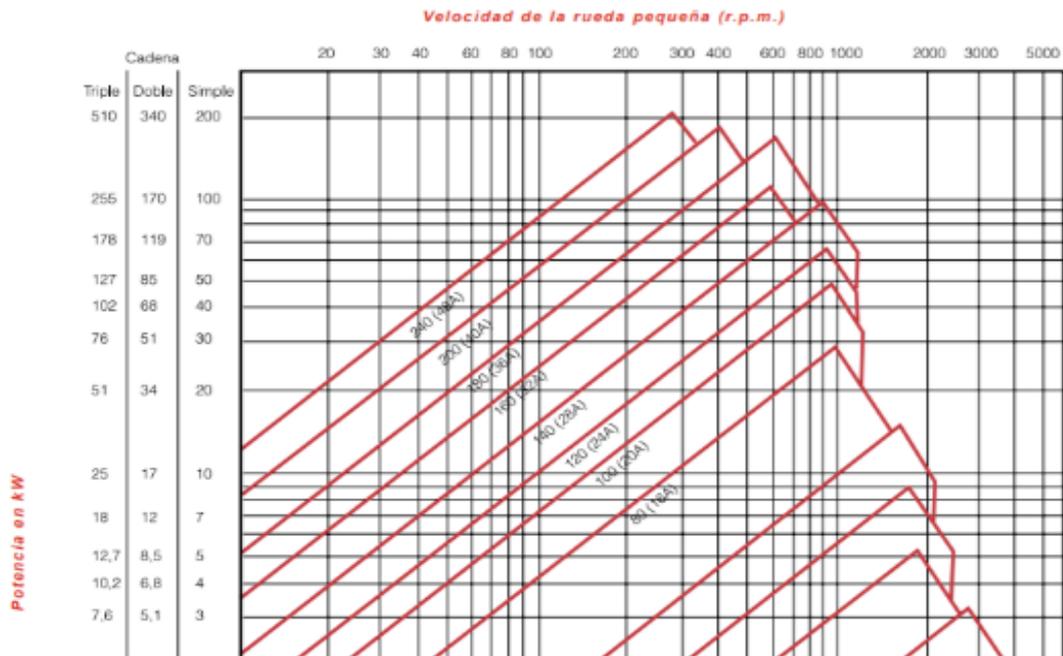


Figura 22-3. Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie americana)
Fuente: (Joresa, 2010)

Una vez ubicada la potencia y la velocidad de la cadena, determinamos que para nuestro diseño se requiere de una Cadena = 100 (20A)

Determinamos el paso a partir del número de cadena en el catálogo SKF de cadenas de transmisión

Tabla 45-3: Cadenas Americanas Estándar

Nº Cadena Ansi	Nº Cadena BS/ISO	Paso P	Diámetro del rodillo d ₁ max	Distancia entre placas interiores b ₁ max	Diámetro del pasador d ₂ max	Longitud del pasador L max	L _c max
–	–	mm	mm	mm	mm	mm	mm
15-1*	03C*	4,7625	2,48	2,38	1,62	6,10	6,90
25-1*	04C-1*	6,350	3,30	3,18	2,31	7,90	8,40
35-1*	06C-1*	9,525	5,08	4,77	3,58	12,40	13,17
41-1	085-1	12,700	7,77	6,25	3,58	13,75	15,00
40-1	08A-1	12,700	7,95	7,85	3,96	16,60	17,80
50-1	10A-1	15,875	10,16	9,40	5,08	20,70	22,20
60-1	12A-1	19,050	11,91	12,57	5,94	25,90	27,70
80-1	16A-1	25,400	15,88	15,75	7,92	32,70	35,00
100-1	20A-1	31,750	19,05	18,90	9,53	40,40	44,70

Fuente: (Mott, 2006)

Para una cadena número 100 de una hilera tenemos un paso $p = 31,750$ mm

3.3.4.5. *Calculo de número necesario de dientes de la rueda mayor*

$$i = \frac{Z2}{Z1}$$

$$Z2 = i * Z1$$

$$Z2 = 1,24 * 17$$

$$Z2 = 21.08$$

$$Z2 = 22$$

3.3.4.6. Calculo de diámetro de piñón y rueda conducida

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{Z1}\right)}$$

$$D_1 = \frac{31,750\text{mm}}{\text{sen}\left(\frac{180}{17}\right)}$$

$$D_1 = 172,78 \text{ mm}$$

$$D_2 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{Z2}\right)}$$

$$D_2 = \frac{31,750 \text{ mm}}{\text{sen}\left(\frac{180}{22}\right)}$$

$$D_2 = 223,09 \text{ mm}$$

3.3.5. Sistema hidráulico

El sistema de bombeo está diseñado para transportar el agua necesaria que necesita el hidratador para conformar la reacción dentro del mismo al contacto con el óxido de calcio.

Para lo cual tenemos varios parámetros de diseño que en función del espacio y tamaño de la máquina se requiere:

$$Q = 4\text{lt/s}$$

Diámetro tubería: ½ pulgada cedula 40, hierro galvanizado

Longitud de succión: 1m

Longitud de descarga: 18,60m

Ecuación general de la energía

$$\frac{P_1}{\delta} + z1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\delta} + z2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Donde:

h_A = Energía agregada por la bomba

h_R = Energía que se remueve del fluido

h_L = Pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, perdidas menores y accesorios.

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\delta} + h_A = h_4 + \frac{v_4^2}{2g} + \frac{P_4}{\delta} + h_{L1-4}$$

$$h_A = h_4 + \frac{V_4^2}{2g} + h_{L1-3}$$

$$h_4 = 11m + 0,09m$$

$$h_4 = 11,59 m$$

$$Q = v \cdot A$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v_4 = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$v_4 = \frac{4 * 0.004 m^3/s}{\pi * 0.01576 m^2}$$

$$v_4 = 0.323 m/s$$

Numero de Reynolds

$$Re = \frac{vD\rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0.323 \frac{m}{s} * 0.01576m * 998 kg/m^3}{1.005 \times 10^{-3} Pa \cdot s}$$

$$Re = 5055.23$$

Calculo de la rugosidad relativa

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{15,76mm}{0,15} = 105,066$$

Factor de fricción para flujo turbulento

$$f = \frac{0.25}{\left\{ \log \left[\frac{1}{3,7 * D/\varepsilon} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right] \right\}^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\left\{ \log \left[\frac{1}{3,7 * 105.066} + \frac{5,74}{5055,23^{0,9}} \right] \right\}^2}$$

$$f = 0,048$$

Verificamos el valor del factor de fricción calculado dentro del diagrama de Moody, en el cual ubicamos el valor de la rugosidad relativa y seguimos el patrón establecido hasta que se intercepte con la vertical de valor de numero de Reynolds en este punto trazamos una horizontal hacia la izquierda y encontramos el valor del factor de fricción.

$$\frac{D}{\varepsilon} = 105,066$$

$$Re = 5055.23$$

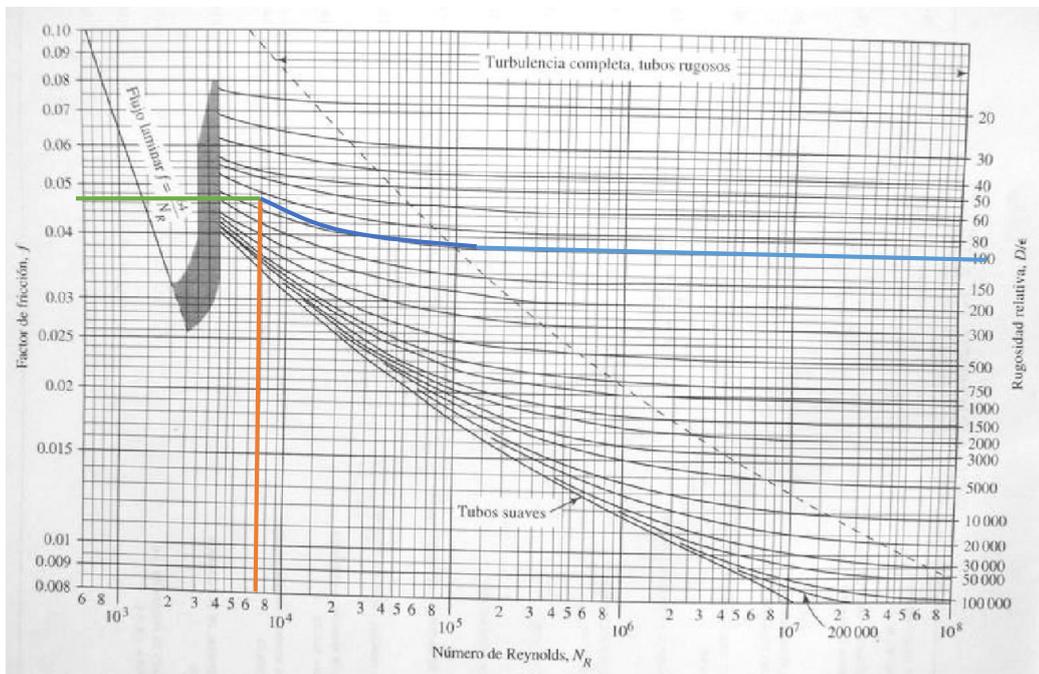


Figura 23-3. Diagrama de Moody

Fuente: (Mott,2006)

Se comprueba el valor del factor de fricción, $f = 0,048$

Ecuación de DARCY para la pérdida de energía

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{Le} = 0,048 * \frac{14,87m}{0,01576m} * \frac{(0,323m/s)^2}{2g}$$

$$h_{Le} = 0,241m$$

Pérdidas menores

$$h_{La} = k * \frac{v^2}{2g}$$

Lista de accesorios y factor de fricción k

Universal

Accesorio	Cantidad	Factor k	Factor k
Codos a 90	10	30f	10 * 30(0,048) = 14,40
T flujo directo	1	20f	1 * 20 * 0,048 = 0,96
T desviado a 90 grados	1	60f	1 * 60 * 0,048 = 2,881
Válvula de pie	1	420f	1 * 420 * 0,048 = 20,16
Válvula de globo	2	340f	2 * 340 * 0,048 = 32,64
Universal	2	0,033	2 * 0,033 = 0,066

$$h_{La} = k * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_L = 14,40 + 0,96 + 2,88 + 20,16 + 32,64 + 0,066 * \frac{(0,323m/s)^2}{2(9,81m/s^2)}$$

$$h_L = 0,378 m$$

Pérdidas totales

$$h_L =$$

$$h_L = 0,241m + 0,378m$$

$$h_L = 0,619 m$$

Carga total de la bomba

$$h_A = h_4 + \frac{V_4^2}{2g} + h_{L1-4}$$
$$h_A = 11,59m + \frac{(0,323)^2}{2g} + 0,619m$$
$$h_A = 12,21 m$$

Cálculo de la potencia de la bomba

$$P_B = \frac{Q\rho gh_A}{746 * e}$$
$$P_B = \frac{0,004 * 998 * 9,8 * 12,21m}{746 * 0,75}$$
$$P_B = 0,85HP$$

3.3.6. Sistema de mando y control

La máquina hidratadora está conformada por el diagrama de control que consta de:

- Motor trifásico de cámara de mezclado
- Motor trifásico de cámara de reacción
- Motor trifásico de cámara de homogenizado
- Motor trifásico del alimentador
- Motor trifásico del vibrador
- Bomba de agua.

3.3.6.1. Diagrama de control

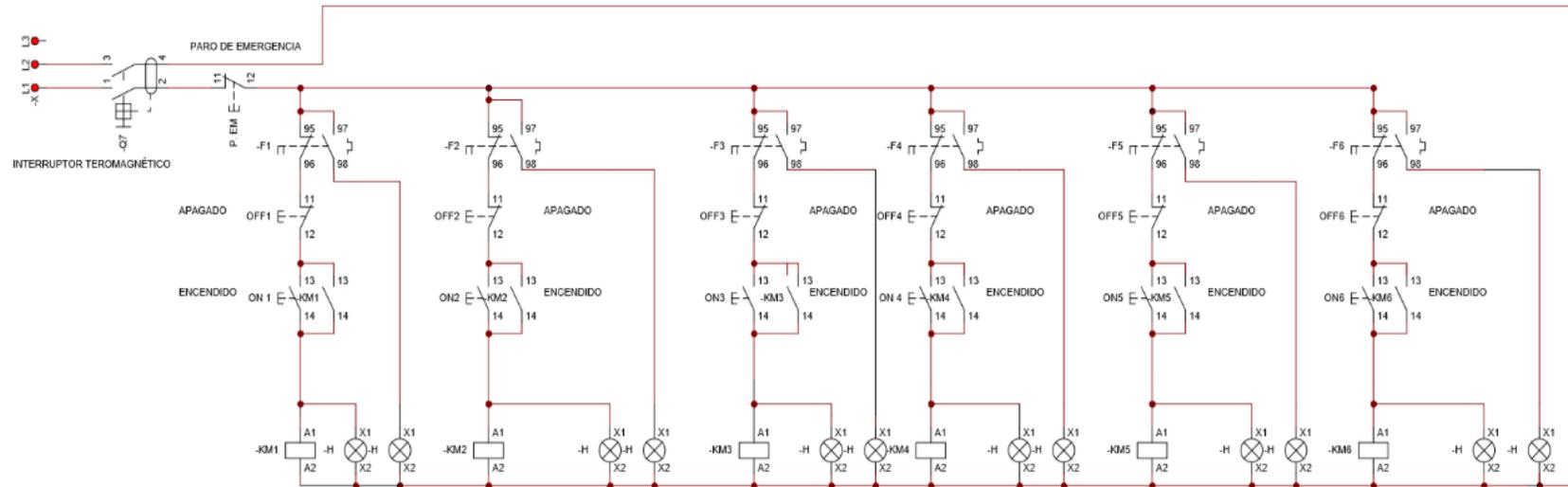


Figura 24-3. Diagrama de control y mando
Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Donde:

Q7: interruptor termo magnético

PMERG: pulsador de emergencia

F1, F2, ..., F6: relé térmico

OFF1, OFF2, ..., OFF6: pulsador normalmente cerrado

ON 1, ON 2, ..., ON 6: pulsador normalmente abierto

KM1, KM 2, ..., KM 6: contactores

H: luces pilo

3.3.6.2. Diagrama de potencia

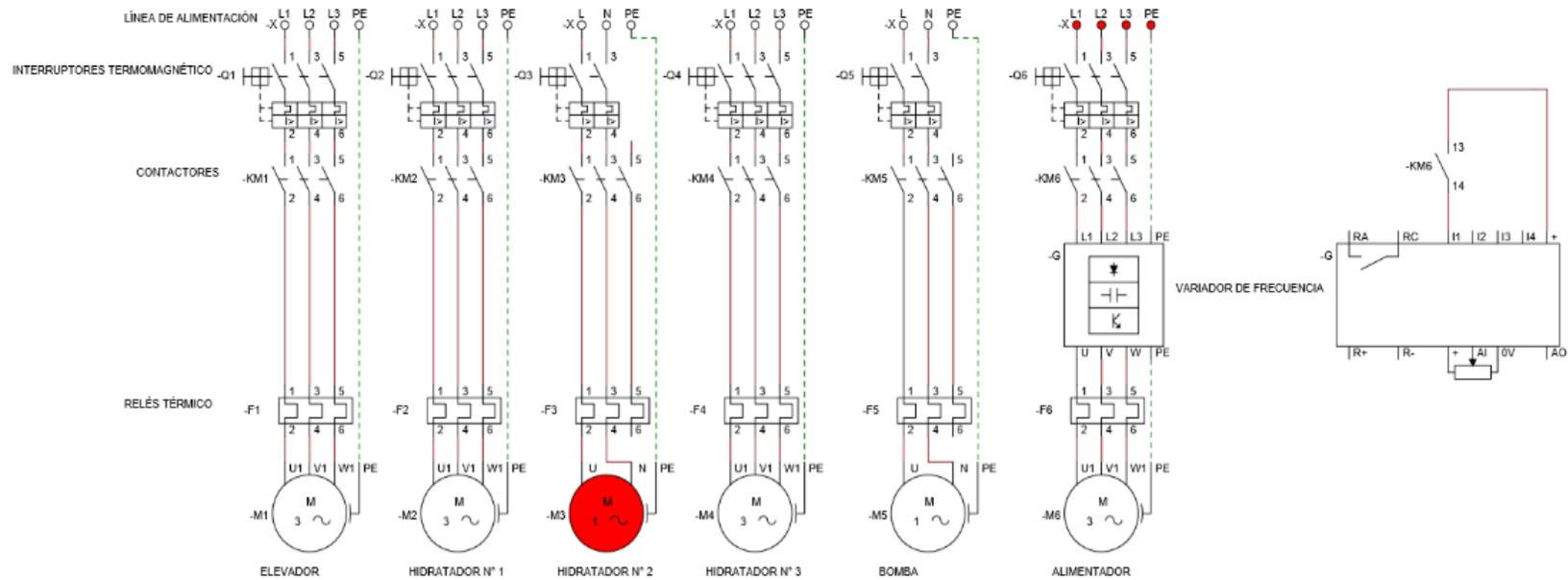


Figura 25-3. Diagrama de potencia
Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Las máquinas y equipos funcionan de manera interactiva entre sí por lo que es importante mencionar el orden de accionamiento de dichos motores para su correcto funcionamiento, cabe mencionar que sus accionamientos son independientes es por ello por lo que se establece el orden de funcionamiento a continuación:

1. Arranque de los motores del hidratador: primero el motor M2 (arriba), seguido el motor M3 y por último el motor M4.
2. Arranque del motor del vibrador y alimentador.
3. Arranque de la bomba de agua

3.4. Análisis de la situación actual

3.4.1. Reseña histórica

Según la declaración del fundador, propietario y representante legal, Ingeniero Fausto Guevara; manifiesta que INCOREG Cía. Ltda., inicia sus actividades productivas en 1979 con la razón social de CEMENTOSA, disponiendo de un área reducida, maquinaria básica y capacidad limitada de producción, el 19 de agosto del 2011, la empresa cambia de denominación a INCOREG Cía. Ltda.; esta empresa, se encuentra ubicada en la ciudad de Riobamba, Av. Celso Rodríguez entre Bolívar Bonilla y Av. Circunvalación, Parque Industrial de Riobamba. Actualmente es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos derivados de la caliza, ofreciendo dentro de su stock cal viva e hidratada, elaborado mediante altos estándares de calidad que han permitido al mercado disponer de productos confiables para la aplicación en el desarrollo de las demás industrias que dependen de estos productos y han logrado poco a poco crecer como empresa y posicionarse en el mercado nacional.

3.4.2. Descripción general de la empresa

Base legal

Razón Social: INCOREG CIA. LTDA.

Reconocimiento legal: Mediana Empresa

RUC: 1792341027001

Representante Legal: Ing. Fausto David Guevara Rodríguez

Actividad económica: Producción y comercialización de productos derivados de la caliza

Sector: Minero



Figura 26-3. Logo Incoreg

Realizado por: (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

3.4.3. Localización

País: Ecuador

Provincia: Chimborazo

Ciudad: Riobamba

Dirección: Av. Celso Rodríguez entre Bolívar Bonilla y Av. Circunvalación



Figura 27-3. Ubicación de la empresa Incoreg

Fuente: (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

Contacto

Página web: www.incoreg.com.ec

E-mail: info@incoreg.com.ec

Teléfonos: (03) 2378751/ (02) 2448827

3.4.4. Misión

“Somos una Compañía ecuatoriana de alcance nacional dedicada a la producción y venta de productos derivados de carbonato de calcio, comprometidos con el desarrollo socioeconómico de nuestros miembros y el respeto integral del medio ambiente, ofreciendo productos de alta calidad que satisfacen las necesidades de nuestros clientes. Destacándonos además por la puntualidad en la entrega de los productos, el asesoramiento directo a nuestros clientes y el compromiso con el desarrollo del país.” (Villa Zavala, 2017)

3.4.5. Visión

“Ser una Compañía líder en la producción de derivados de carbonato de calcio a nivel nacional, rentable e innovadora, con el mejor talento humano y con una organización ágil que sea un referente por excelencia a la hora de elegir productos de este tipo y así lograr una imagen corporativa sólida.” (Villa Zavala, 2017)

3.4.6. Organigrama estructural

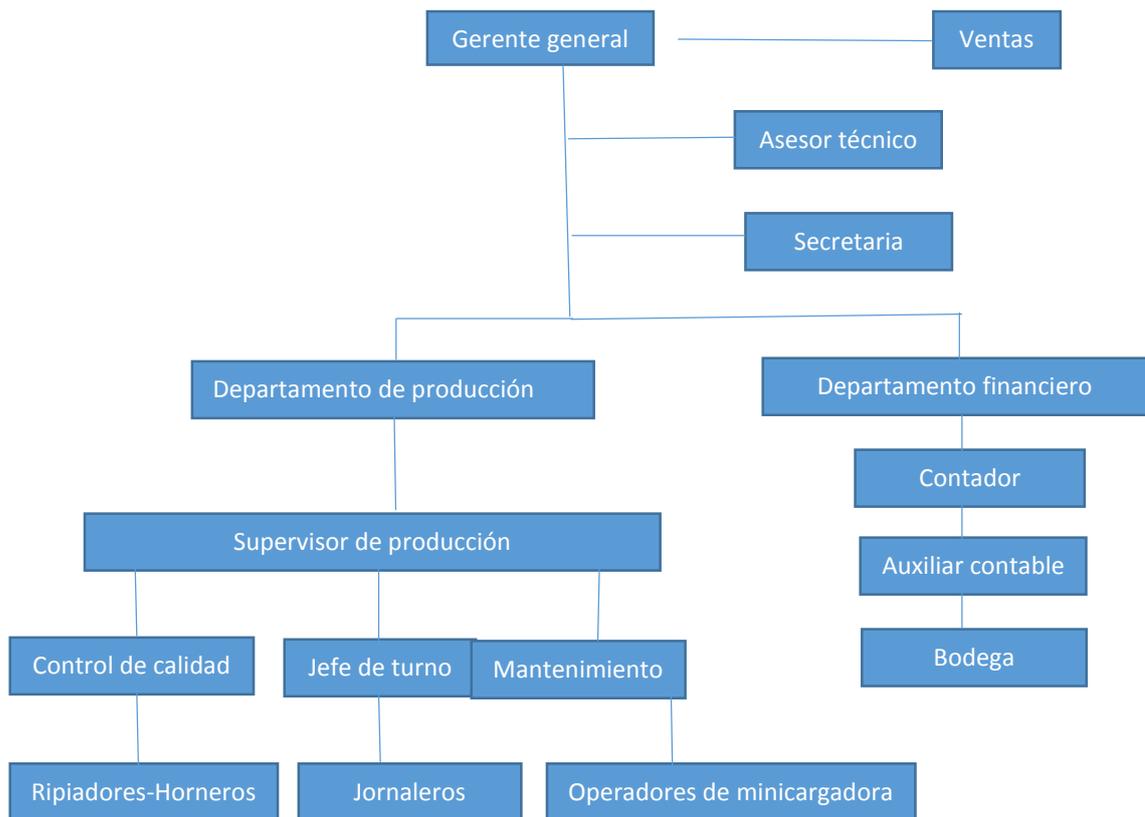


Figura 28-3. Organigrama estructural

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.4.7. Jornada laboral

La jornada laboral de los trabajadores de la empresa INCOREG es de 8 horas, disponiendo de 3 turnos continuos en los cuales no incluye tiempo de alimentación ya que los trabajadores lo hacen al finalizar su jornada laboral.

3.4.8. Proveedores

La empresa INCOREG CIA. Realiza la adquisición de la piedra caliza el cual es su materia prima para la gran variedad de productos que la empresa ofrece, mediante toneladas desde la Provincia de Zamora localidad Zumba. (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

3.4.9. Productos

Oxido de Calcio (Cal Viva)

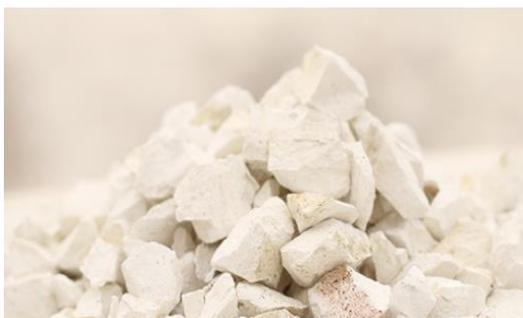


Figura 29-3. Oxido de calcio

Realizado por: (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

Es el producto resultante de la calcinación a alta temperatura de la caliza calcárea. Tiene una alta concentración de Óxido de Calcio (CaO) y alta reactividad ($40^\circ\text{C} / 3 \text{ min.}$).

PRESENTACIÓN: Sacos de 25kg. // Big Bag de 1 ton.

GRANULOMETRÍA: La requerida por el cliente. (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

Hidróxido de calcio (Cal Hidratada)



Figura 30-3. Hidróxido de calcio

Realizado por: (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

Es un polvo fino y seco de color blanco, muy liviano con alto contenido de Ca(OH)_2 que actúa como una base fuerte.

PRESENTACIÓN: Saco Plástico Laminado de 25kg.

GRANULOMETRÍA: La requerida por el cliente. (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

Carbonato de Calcio Micronizado (molido)



Figura 31-3. Carbonato de calcio micronizado

Realizado por: (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

El carbonato cálcico o carbonato de calcio es el producto obtenido por molienda fina o micronización de calizas puras. Las aplicaciones industriales del carbonato de calcio son varias, entre las que se puede destacar la industria del papel, plásticos, en la industria química básica, en la de pinturas y adhesivos, en la del vidrio, cerámica, para cosmética y en la industria farmacéutica. En las industrias agropecuarias se utiliza para alimentación animal y para el refinado de azúcar. (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

Carbonato de calcio precipitado

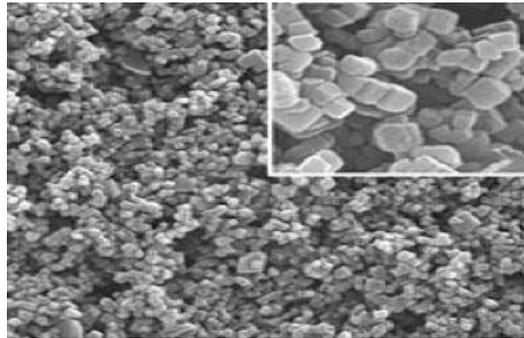


Figura 32-3. Carbonato de calcio precipitado

Realizado por: (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

Es una suspensión de apariencia blanca y libre de partículas coloreadas, obtenido de la reacción de hidróxido de calcio con dióxido de carbono. (Incoreg CIA. LTDA., 2017)

3.4.10. Identificación de puestos de trabajo, máquinas y equipos

La empresa Incoreg dispone de 8000 m² de instalaciones, en los cuales se encuentran distribuidos los siguientes puestos de trabajo:

Almacén principal de materia prima: Dispone de 3000 toneladas de materia prima de la más alta calidad y depósitos de 10000 y 6000 galones de combustible, lo que garantiza a los clientes de abastecimiento continuo durante todo el año.



Figura 33-3. Almacenamiento de piedra caliza

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021



Figura 34-3. Almacenamiento combustible

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Área de triturado primario: Las rocas pasan por una trituradora, hasta que las rocas queden de un tamaño homogéneo de (0 - 12) cm, el tamaño adecuado para su posterior ingreso al horno.



Figura 35-3. Área de triturado primario

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Área de Calcinado: Una vez que las rocas fragmentadas han ingresado al horno, estas deben alcanzar temperaturas de hasta 1200 °C, en esta etapa las rocas calcinadas pierden dióxido de carbono y se produce el óxido de calcio, más conocida como cal viva. La empresa dispone de 7 hornos verticales alimentados con aceite quemado y leña para la preparación de los mismos.



Figura 36-3. Área de calcinado
Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Área de enfriamiento: Posteriormente las rocas calcinadas son extraídas del horno y se dejan enfriar en un área específica durante un determinado tiempo para que puedan pasar al siguiente proceso.



Figura 37-3. Área de enfriamiento
Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Área de triturado secundario: En esta etapa la cal viva se reduce a un tamaño de grano más pequeño mediante una trituradora, así se obtiene la cal molida de diferente granulometría para diferentes aplicaciones.



Figura 38-3. Área de triturado secundario
Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Área de hidratación manual: La hidratación se realiza agregando agua a la cal viva manualmente, obteniendo hidróxido de calcio, a este proceso también se lo denomina apagado de la cal. En este proceso se debe agregar 18 partes en peso de agua por cada 56 partes en peso de cal sin sobrepasar esa cantidad y posteriormente se deja secar por un determinado tiempo. Esta reacción libera calor y produce un incremento de volumen.



Figura 39-3. Área de hidratado manual

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Área de separación o clasificado: La cal hidratada pasa por un separador, el cual separa las partículas que no pudieron ser hidratadas en el proceso de hidratación, a estas partículas se les puede reprocesar.

Área de pulverizado: Las partículas que no lograron hidratarse correctamente en el proceso de hidratado llegan al pulverizador donde se obtiene cal hidratada de con una pureza del 57 al 63%.



Figura 40-3. Área de pulverizado

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Área de pesado y envasado: Finalmente el producto está listo para ser envasado, este proceso se lo realiza manualmente, en empaques con un peso de 25 kg.



Figura 41-3. Área de empackado

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.4.11. Flujo general del proceso de la cadena de valor

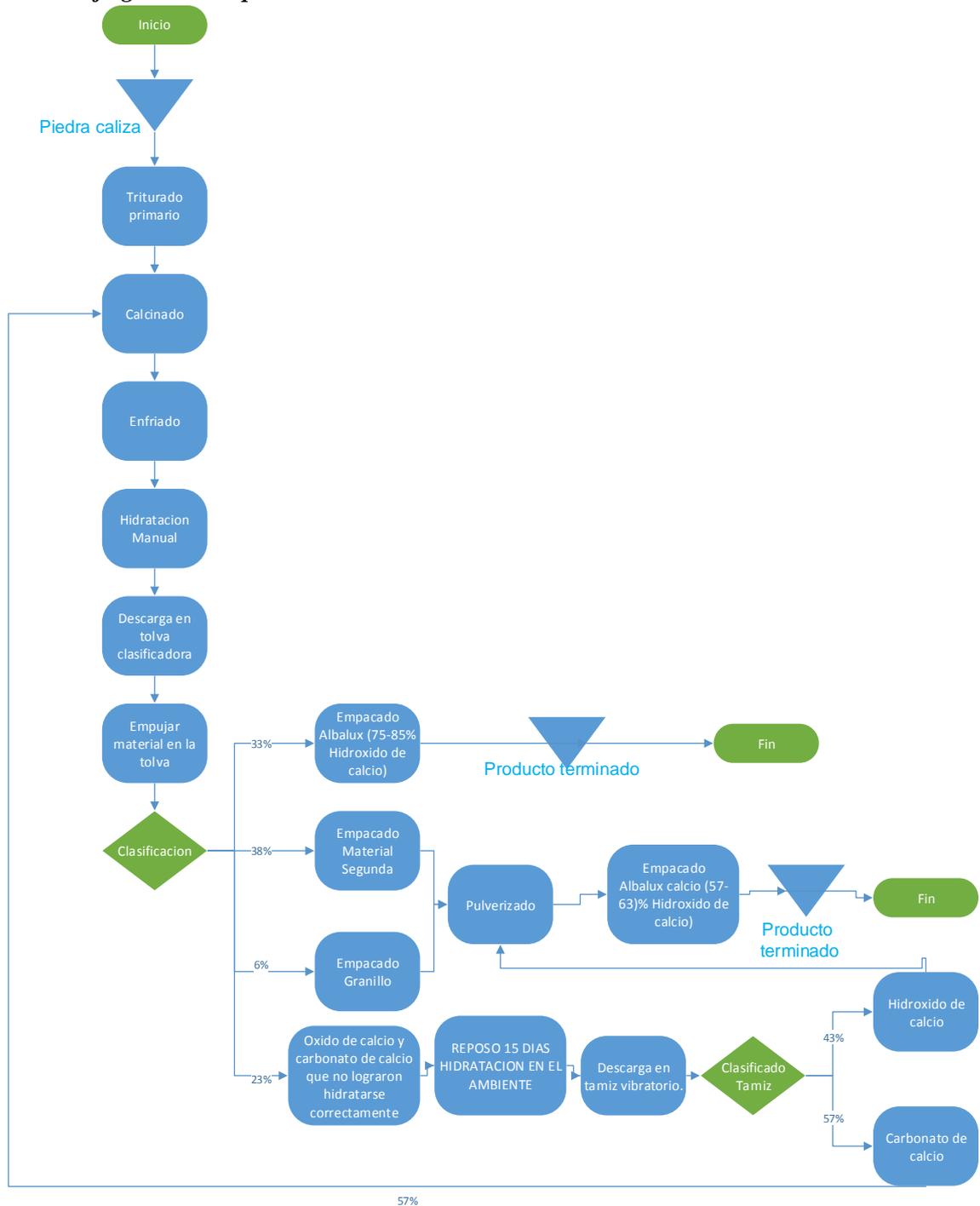


Figura 42-3. Flujograma del proceso

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.4.12. VSM inicial

3.4.12.1. Selección del producto o familia de productos

La filosofía *Lean Manufacturing* establece que para la elaboración del VSM se selecciona el producto o familia de productos que compartan la mayor cantidad de procesos para su estudio.

Tabla 46-3.: Selección del producto

PROCESO		PRODUCTO	
		Cal hidratada (Diferente calidad)	Cal viva (Diferente granulometría)
1	Triturado	X	X
2	Calcinado	X	X
3	Enfriado	X	X
4	Hidratado	X	X
5	Descarga en tolva	X	
6	Clasificado por granulometría	X	X
7	Empacado temporal	X	
8	Pulverizado	X	
9	Empacado final	X	X
TOTAL		9	6

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

El producto seleccionado para la realización del análisis fue el proceso de producción de cal hidratada por poseer la mayor cantidad de actividades, 9 en total. Este producto se someterá al estudio de la situación actual del proceso de fabricación mediante la herramienta de diagnóstico denominada Value Stream Mapping, resaltando que esta herramienta es para la identificación de todo tipo de desperdicios presentes en la elaboración de este producto para ser tomados en cuenta en la elaboración de una VSM futuro, el cual tiene como objetivo eliminar o reducir los desperdicios encontrados en la situación actual.



Figura 43-3. Cal hidratada (Producto final)

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.4.12.2. *Recolección de datos*

La recolección de datos para la elaboración de VSM se realiza en el proceso de elaboración de cal hidratada, el mismo que contempla los procesos de triturado, calcinado, hidratado, clasificado y empacado. Dentro de esta metodología se registran correctamente todas las actividades que intervienen en el proceso productivo mediante un diagrama de proceso en la que se registran el número de actividades y se analiza las actividades que agregan valor AGV y las que no agregan valor al producto AGNV.

3.4.12.3. Mediciones iniciales

Toma de tiempos

Se realizó 10 tomas de tiempos de cada una de las actividades del proceso de elaboración de cal hidratada con lo cual se determinó el tiempo promedio para un análisis más preciso.

Tabla 47-3: Registro de tiempos del proceso

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TIEMPO (min)										Tiempo prom. (min)
Transporte de caliza hacia la trituradora primaria	0.93	0.83	0.92	0.97	1.00	0.98	0.95	0.97	0.93	0.98	0.95
Trituración de la caliza (0 - 12) cm y clasificación de (0-2), (2-12) cm	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.42	0.42	0.40	0.38	0.37	0.40
Transporte de la caliza hacia almacenamiento temporal	2.00	2.03	1.97	2.02	1.98	2.03	2.07	2.02	1.97	1.95	2
Espera hasta acumular una cantidad determinada	118	116	125	120	122	124	120	123	117	115	120
Transporte de caliza triturada hacia la tolva de los hornos de calcinación	2.00	2.02	1.98	2.03	1.97	2.05	2.05	2.03	1.98	2.03	2.02
Calcinación de la caliza triturada	600										600
Transporte de la caliza calcinada hacia el área de enfriamiento	10.1	10.00	10.2	10.3	10.1	10.6	10.6	10.2	10.3	10.5	10.29
Enfriamiento de la caliza calcinada	705	702	698	700	692	705	708	693	699	698	700
Transporte de caliza hacia el área de hidratación manual	9.98	10.2	9.56	9.63	9.54	9.78	10	9.86	9.52	9.25	9.73
Hidratación manual de la caliza calcinada	45.00	46.2	44.20	44.3	45.6	45.9	44.6	44.1	44.8	45.4	45
Reposo de caliza para su enfriamiento después del proceso exotérmico	2880										2880
Transporte de la caliza hidratada hacia el área de tamizado y empaque	0.93	0.90	1.07	0.97	1.00	1.03	0.95	0.97	1.02	0.95	0.98
Descarga en tolva clasificadora	1.10	1.19	1.22	1.14	1.25	1.23	1.32	1.09	1.12	1.14	1.18
Llenado de la lona	0.52	0.48	0.6	0.55	0.53	0.57	0.61	0.58	0.5	0.52	0.55
Pesado y verificado de 25 Kg cada lona	0.56	0.52	0.57	0.51	0.53	0.49	0.52	0.48	0.51	0.55	0.52
Cocido de la lona	0.17	0.25	0.13	0.17	0.20	0.22	0.17	0.18	0.13	0.15	0.18
Transporte hacia apilamiento temporal	0.22	0.15	0.17	0.20	0.17	0.13	0.18	0.20	0.17	0.15	0.17
Transporte de producto terminado hacia bodega	2.00	1.83	2.17	1.97	2.00	1.83	1.92	1.95	1.93	1.97	1.96

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.4.12.4. Diagrama de análisis de proceso inicial

Tabla 48-3: Diagrama de proceso

DIAGRAMA DE OPERACION DE PROCESOS											
Empresa:	INCOREG.										
Áreas / Departamentos:	Producción de cal hidratada										
Producto	Albalux (Sacos de 25 kg)										
Fases del método	Actual:	x	Mejorado:		Fecha:	26 de Septiembre del 2019					
Elaborado por:	Alex Ramirez y Cristhian Aguilar										
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	N°	TIEMPO (min)					SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA				
		Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenamiento	●	→	■	◐	▼
Almacenamiento de Caliza	1										x
Transporte de caliza hacia la trituradora primaria	2		0.95					x			
Trituración de la caliza (0 - 12) cm y clasificación de (0-2), (2-12) cm	3	0.40					x				
Transporte de la caliza hacia almacenamiento temporal	4		2					x			
Espera hasta acumular una cantidad determinada	5				120						x
Transporte de caliza triturada hacia la tolva de los hornos de calcinación	6		2					x			
Calcinación de la caliza triturada	7	600					x				
Transporte de la caliza calcinada hacia el área de enfriamiento	8		10.29					x			
Enfriamiento de la caliza calcinada	9				700						x
Transporte de caliza hacia el área de hidratación manual	10		9.73					x			
Hidratación manual de la caliza calcinada	11	45					x				
Reposo de caliza para su enfriamiento después del proceso	12				2880						x
Transporte de la caliza hidratada hacia el área de tamizado y empaque	13	0.98						x			
Descarga en tolva clasificadora	14	1.2					x				
Llenado de la lona	15	0.55					x				
Pesado y verificado de 25 Kg cada lona	16			0.52							x
Cocido de la lona	17	0.18					x				
Transporte hacia apilamiento temporal	18		0.17					x			
Transporte de producto terminado hacia bodega	19		1.96					x			
Almacenamiento en bodega del producto terminado ALVALUX	20										x
TOTAL		648.29	27.12	0.52	3700	0.00	6	8	1	3	2

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tabla 49-3: Resumen del proceso

RESUMEN					
	Simbología	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo total (min)	Porcentajes
AVG		6	648.29	648.81	14.8%
		1	0.52		
AGNV		8	27.12	3727.12	85.2%
		3	3700		
		2	0		
TOTAL		20	4375.93	100%	

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

En la tabla anterior se puede apreciar que de las actividades que requiere el proceso de elaboración de cal hidratada solo el 14.8% agregan valor al producto y el 85.2% no agregan valor, las cuales se toman en consideración para controlar y reducir en lo posible las cifras obtenidas.

El total del tiempo es de 3.10 días en la situación actual del proceso, de los cuales 10.81 horas agregan valor al producto y 62.1 horas no agregan valor, el excesivo tiempo que presenta en las actividades que no agregan valor es el factor primordial en el que se debe trabajar con posibles soluciones y en el que se enfoca el plan de mejora.

3.4.12.5. Cálculo del takt time

Tiempo disponible

Turnos: 3

Horas por turno: 8 horas = 480 min

Descanso por turno: 10 min

Días a la semana: 6 días

Tiempo disponible semanal = (480 - 10) min (3) (6) = 8460 min disponibles por semana

Demanda semanal promedio: 4500 sacos de 25kg

Takt time:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda} = \frac{8460\ min}{4500\ sacos} = 1.88\ min/saco$$

3.4.12.6. *Análisis de la productividad de la situación inicial*

Los datos de la producción de la situación inicial se obtuvieron del registro de producción semanal, valores que se tomaron de volúmenes de producción de diferentes meses del producto en estudio:

Tabla 50-3: Volúmenes de producción inicial vs demanda

Producto: Alvalux Presentación: Sacos de 25 Kg	Demanda	Registro Semanal de Producción 2019-2020		Stock acumulado	Demanda insatisfecha	
		Unidades producidas			Unidades entregadas	Unidades faltantes
SEPTIEMBRE						
Semana 1	5200	3994			3394	-1206
Semana 2	3650	3709	59		3650	
Semana 3	5500	4008	0		4067	-1433
Semana 4	3900	3925	25		3900	
OCTUBRE						
Semana 1	4100	4108	33		4100	
Semana 2	3900	4010	143		3900	
Semana 3	3950	4105	298		3900	
Semana 4	5130	3792	0		4090	-1040
NOVIEMBRE						
Semana 1	3890	3992	102		3890	
Semana 2	4900	4005	0		4107	-793
Semana 3	4050	4110	60		4050	
Semana 4	4920	3985	0		4045	-875
DICIEMBRE						
Semana 1	4055	4158	103		4055	
Semana 2	3875	3992	220		3875	
Semana 3	5500	3856	0		4076	-1424
Semana 4	5450	4085	0		4085	-1365
ENERO						
Semana 1	3700	3985	285		3700	
Semana 2	3890	3991	386		3890	
Semana 3	5270	4025	0		4411	-859
Semana 4	5450	3957	0		3957	-1493

Fuente: Libros de registro de la producción INCOREG
Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

En la tabla 50-3 se puede observar los valores de producción recopilados por semana durante 5 meses. Se detalla también la demanda insatisfecha en los casilleros de color rojo, los cuales no pudieron ser cumplidos por la baja capacidad productiva.

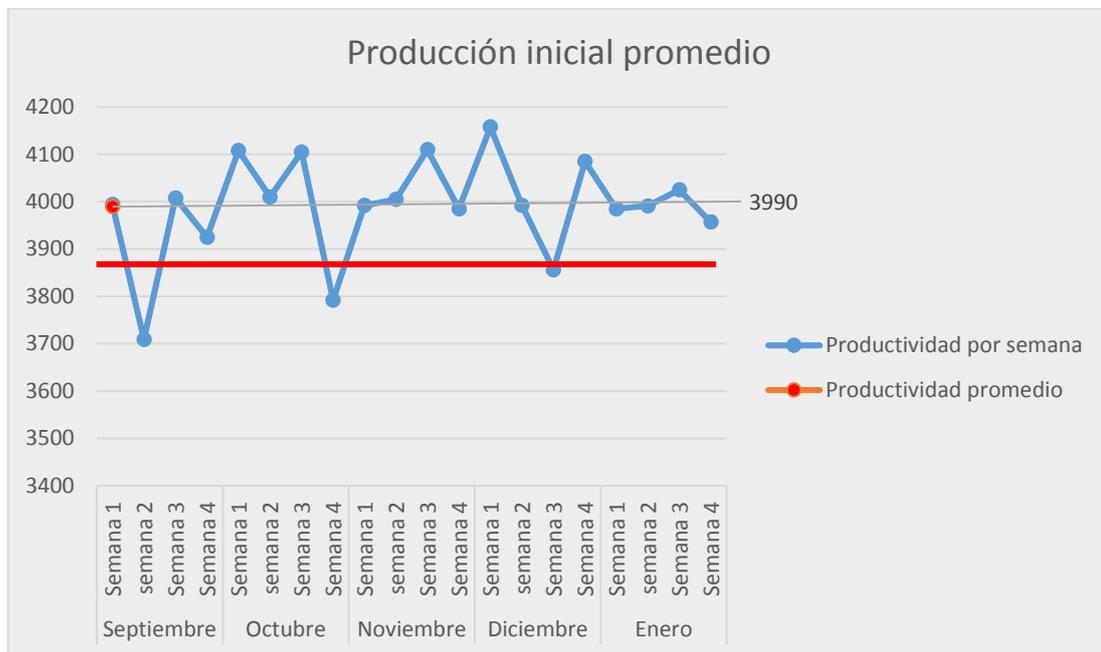


Gráfico 1-3. Cantidades de producción inicial

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Con los datos obtenidos de la productividad se obtuvo un promedio de la producción que es un valor de 3990 sacos de 25 kg por semana aproximadamente.

El estudio de la productividad se analizó mediante la relación de la producción en función del tiempo, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo empleado}}$$

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{3990 \text{ (Sacos de 25 kg)}}{8460 \text{ min}}$$

$$\text{Capacidad de producción} = 0.47 \text{ sacos/min}$$

En la situación inicial se determinó que la empresa produce 0.47 sacos de alvalux cada minuto, lo cual no es suficiente para satisfacer la demanda de los clientes, ya que para cumplir con la demanda promedio semanal de 4500 sacos, se debe disponer de una capacidad de producción mínima de 0.53 sacos/min.

3.4.12.7. VSM situación actual

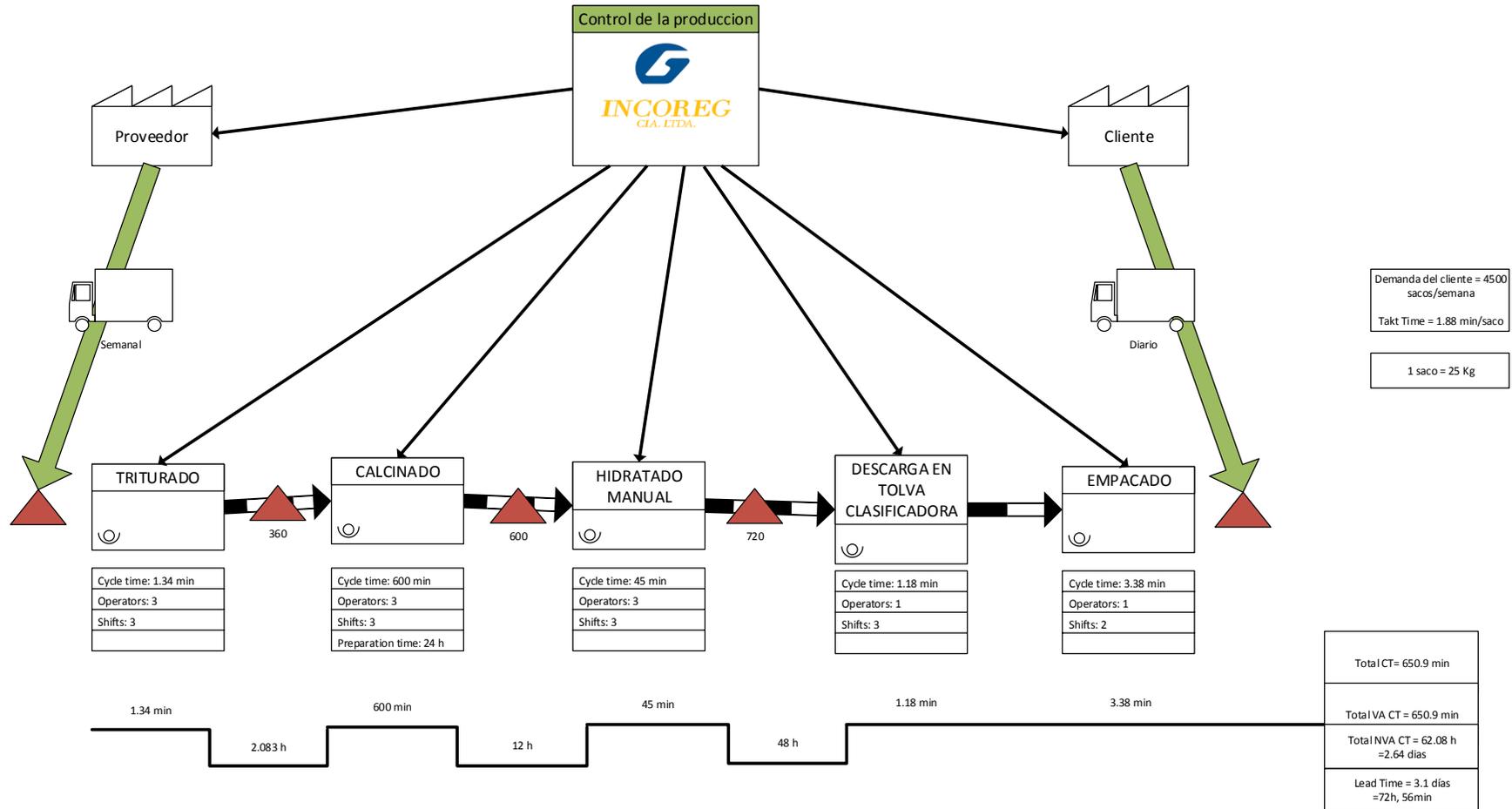


Figura 44-3. VSM inicial

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.4.12.8. Interpretación del VSM inicial e identificación de problemas

Mediante el levantamiento del VSM de la situación inicial se determinó las siguientes anomalías en el proceso productivo:

- **Actividades que no agragan valor al producto**

Existen actividades en el proceso que no agregan valor al producto, estos son los transportes y las esperas, pero la actividad principal que mayor tiempo conlleva en el proceso es el tiempo excesivo de reposo de la caliza después del proceso de hidratación para su enfriamiento, este es el más notable en el sistema productivo debido a que esta actividad tiene un tiempo de espera de aproximadamente 48 horas equivalente a 2 días en el que la piedra calcinada pasa por un proceso exotérmico al contacto con el agua, para lo cual se desarrolló el diseño de una máquina hidratadora con el principal objetivo de reducir este tiempo y llegar a un mejor balance de la producción.

- **Acumulación de desperdicio**

En cada área de trabajo se producen desperdicios y residuos de cal a partir de los métodos de trabajo que han llevado durante mucho tiempo y no se tiene un control de estos desperdicios y residuos sino hasta cuando estos lleguen a almacenarse cantidades excesivas en los puestos de trabajo, generando desorden, suciedad y sobre todo un ambiente laboral inconfortable que impide el óptimo desarrollo de las funciones de los operarios.

En base a los datos obtenidos, se logró cuantificar los diferentes tipos de desperdicios presentes en el área de producción según la filosofía lean Manufacturing.

En la tabla 51-3 se detalla los valores de los desperdicios identificados en el proceso, los cuales se clasificó en 5 tipos y se cuantificó sus porcentajes en base a tiempos y cantidades reales:

Tabla 51-3: Tipos de desperdicios en el proceso

Desperdicio	Porcentaje
Material	12%
Producto defectuoso	1%
Reprocesamiento	19%
Esperas	84%
Transportes	0.62%

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Crithian, 2021

Cabe hacer énfasis que a raíz del proceso de hidratación manual, se genera un exceso de desperdicio y reproceso, debido a que la caliza al ser hidratada en un ambiente totalmente abierto genera una reacción química con el agua, lo que provoca que las partículas de la cal se esparzan por toda el área de producción generando capas de cal en el suelo y maquinaria, la cual se

contamina con otras impurezas y del mismo modo el método manual no permite que la cal se hidrate de la manera más adecuada lo que deja partículas de piedra calcinada para ser reprocesada.

- **Condiciones de trabajo**

Las condiciones de trabajo del personal no son las mas adecuadas, siendo evidente en la fase de evaluación inicial los siguientes mencionados:

- No existe una correcta organización en el trabajo
- Desorden y falta de limpieza en los puestos de trabajo
- Negligencia por parte de los trabajadores en el uso de equipos de protección personal
- Los trabajadores carecen de capacitaciones para desarrollar sus actividades de una manera estandarizada.

Tabla 52-3: Planificación para la implementación

Actividades		Técnica	Instrumentos	Participan
Implementación de la máquina hidratadora		<ul style="list-style-type: none"> - Diseño - Construcción 	<ul style="list-style-type: none"> - Cálculos de diseño - Diagramas eléctricos - Diagrama hidráulico 	<ul style="list-style-type: none"> - Gerencia - Departamento de mantenimiento - Tesistas
Implmentacio de la metodologia 5S	Clasificar	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de elementos necesarios e innecesarios 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación visual - Tarjetas rojas 	- Tesistas y personal laboral
	Organizar	<ul style="list-style-type: none"> - Orden (Especificación un lugar para cada elemento) 	<ul style="list-style-type: none"> - Tarjetas rojas 	- Tesistas y personal laboral
	Limpiar	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación - Limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Manual de limpieza - Instrumentos de limpieza 	-Tesistas y personal laboral
	Estandarizar	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación 	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimientos de trabajo 	-Tesistas y personal laboral
	Mantener	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación 	<ul style="list-style-type: none"> - Disciplina 	-Tesistas y personal laboral
Análisis de las productividad		<ul style="list-style-type: none"> - Métodos y tiempos 	<ul style="list-style-type: none"> - Cronómetro - Diagramas de proceso 	- Tesistas

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Crsthian, 2021

3.5. Evaluación del nivel 5s inicial

Conocer la situación actual de cada área de trabajo en lo referente a desperdicios, orden y limpieza es sumamente importante antes de la implementación para poder tener resultados cuantificables y así evaluar las mejoras en el proceso basándonos en los criterios establecidos por la metodología 5s. La siguiente tabla muestra los valores obtenidos en la auditoria inicial 5s:

Tabla 53-3: Auditoria Inicial 5s

AUDITORIA INICIAL 5S											
Realizado por:		Alex Ramirez y Cristhian Aguilar									
Empresa:		Incoreg CIA. LTDA.									
Area:		Produccion									
Fecha:		07/11/2019									
VALORACION											
0=Muy deficiente		1=Deficiente		2=Regular			3=Bueno				
4=Muy buenO				5=Exelente							
SEIRI - ORGANIZAR											
	0	1	2	3	4	5					
1	¿Existen desperdicios de material en el suelo que interfieran en el entorno laboral?						X				
2	¿Existen equipos o materiales innecesarias en el area de trabajo?							X			
3	¿Estan las herramientas en sus estanterias o en el lugar adecuado?								X		
4	¿Estan establecidos estandares de limpieza?							X			
TOTAL						8/0.20= 40%					
SEITON - ORDENAR											
	0	1	2	3	4	5					
1	¿Existen areas destinadas para almacenaje?						X				
2	¿Estan definidos cantidades maximas y minimas de productos en los almacenes?							X			
3	¿Son necesarias todas las herramientas visibles en el area de trabajo?							X			
4	¿Las herramientas poseen un lugar claramente identificado?						X				
TOTAL						6/0.20 = 30%					
SEISO - LIMPIAR											
	0	1	2	3	4	5					
1	¿Cómo es el grado de limpieza del piso despues de la jornada laboral?						X				
2	¿Estan las maquinas libres de objetos o sustancias?							X			
3	¿Los operarios limpian las maquinas y el area de trabajo regularmente?								X		
4	¿Existe alguien encargado de inspeccionar la limpieza?						X				
TOTAL						4/0.20 = 20%					
SEIKETSU - ESTANDARIZAR											
	0	1	2	3	4	5					
1	¿El personal conoce como realizar las actividades correctamente?								X		
2	¿Existe procedimientos escritos para realizar las actividades?						X				
3	¿Existen planes o estrategias de mejora del proceso?						X				
4	¿se mantiene las 3 preimeras s?							X			
TOTAL						6/0.20 = 30%					
SHITSUKE - DISCIPLINA											
	0	1	2	3	4	5					
1	¿Se usa el uniforme y los elemetos de proteccion personal proporcionados?								X		
2	¿Se revisa y controla los inventarios regularmente?							X			
3	¿El personal ha recibido alguna capacitacion sobre 5s?						X				
4	¿Se cumplen las normas y planificaciones de la empresa?								X		
TOTAL						7/0.20 = 35%					
Porcentaje general obtenido= 31%											

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

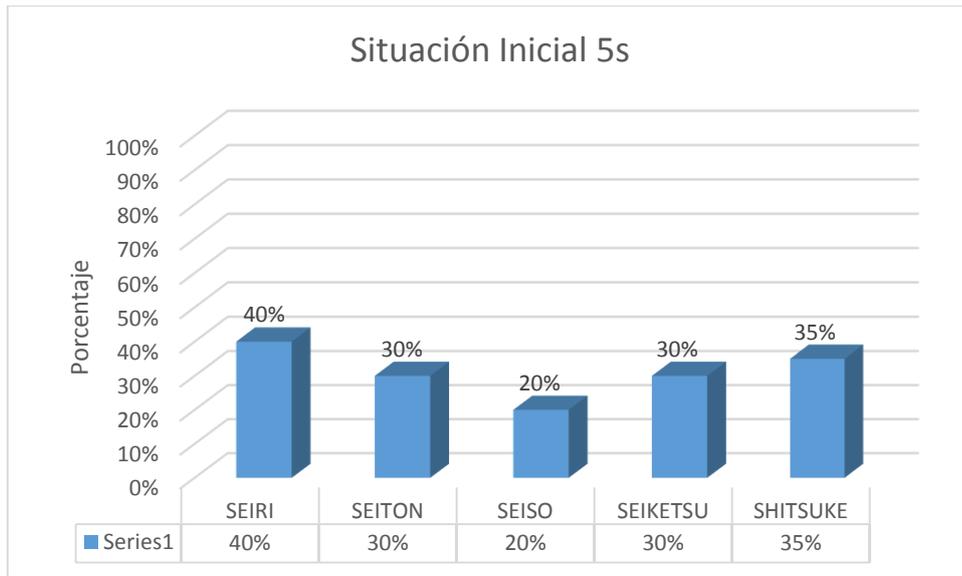


Gráfico 2-3. Valores porcentuales iniciales 5s

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

De acuerdo con la tabla anterior se pudo determinar que el nivel actual de 5s en la empresa Incoreg CIA. LTDA. Es del 31%, teniendo como oportunidad de mejora un 69%. Evidenciando que la S que menos valor posee es la limpieza con un 20% debido al mismo tipo de producción que genera exceso de desperdicios y la falta de la gestión necesaria para generar limpieza en las diferentes áreas de trabajo, para lo cual en el proceso de mejora se debe enfatizar el análisis de este componente, del mismo modo la falta de organización y disciplina repercute en los niveles bajos determinados de las demás S.

3.5.1. Implementación de la herramienta lean 5s

Posterior a la determinación de los desperdicios existentes en área de producción se procede a la implementación de la herramienta 5s de Lean Manufacturing como herramienta fundamental básica de esta filosofía que nos ayudara a corregir y la problemática presente en la empresa, lo cual sirve también como base fundamental para la mejora continua y la posterior implementación de otras herramientas Lean a futuro.

Estructura organizacional y funcional de las 5s

Este tipo de estructura permite conocer quiénes y cuál es la funcionalidad de cada uno de los miembros de la empresa dentro de la metodología 5s a implementar, lo que garantiza la funcionalidad futura de la implementación.

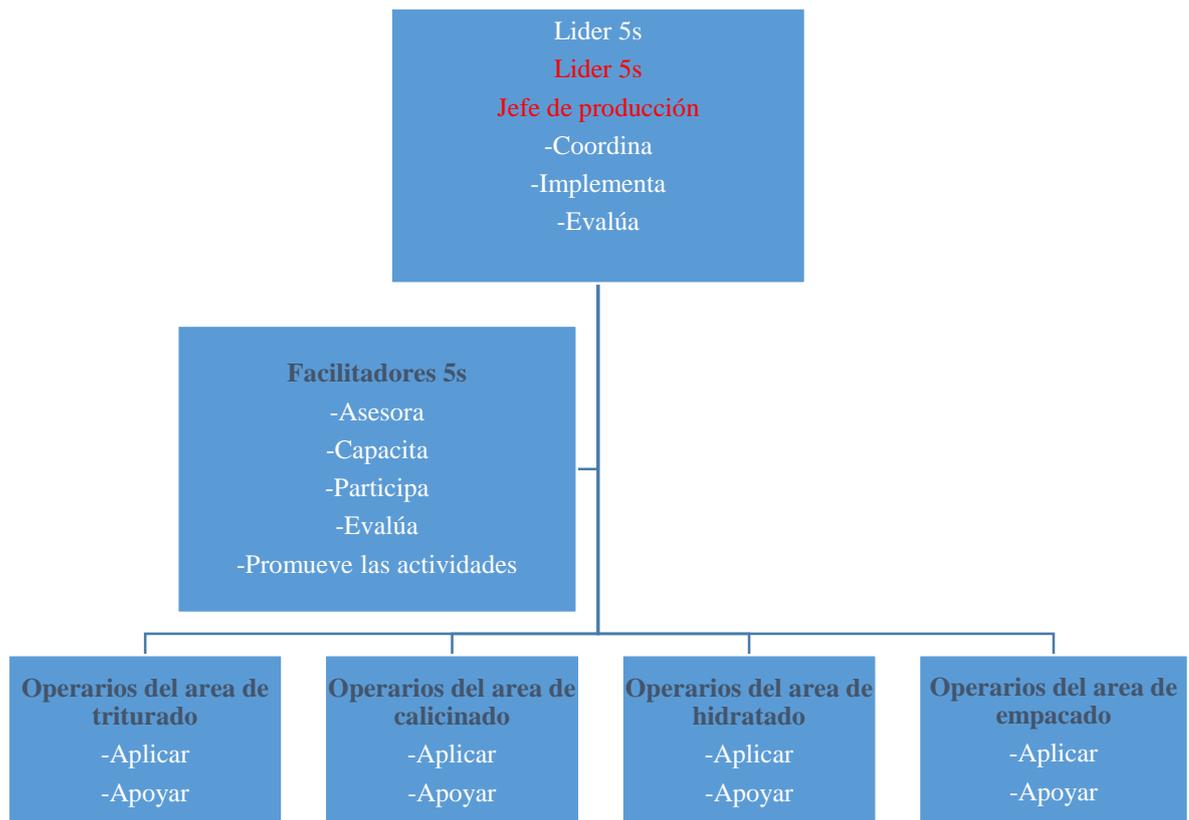


Figura 45-3. Estructura organizacional y funcional de las 5s

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Las funciones de los participantes de la estructura organizacional son:

- **Lides 5s**
 - Coordina las actividades a realizar dentro de la implementación.
 - Implementa la metodología conjuntamente con todos los colaboradores previamente seleccionados.
 - Evalúa los resultados y aspectos a mejorar después de la implementación.
- **Facilitadores**
 - Asesora, capacita e imparte los conocimientos sobre conceptos, objetivos y alcances que se pretendo conseguir con la entomología.
 - Participa activa y conjuntamente en las actividades relacionadas con las 5s.

- Evalúa conjuntamente con el líder 5s los logros y beneficios obtenidos.
- Operarios
 - Aplican directamente la metodología en los puestos de trabajo.
 - Apoyan a los facilitadores y líder mediante informes de anomalías y posibles propuestas de mejora.

3.5.2. Lanzamiento del programa

Se realizó el lanzamiento del programa de implantación de las 5s con el objetivo de dar a conocer a todo el personal de la empresa la funcionalidad y el desempeño que conlleva cada una de los miembros de la empresa dentro de la implementación.



Figura 46-3. Pancarta 5S

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Para la socialización de la implementación del programa 5s se realizó una reunión en la empresa con el personal administrativo y operarios, en la cual se realizó una inducción sobre la organización, orden y limpieza en el trabajo, la metodología a implementar y las funciones dentro del programa, quedando pactado el compromiso de colaboración y apoyo a la implementación para que se lleve a cabo y pueda ser sostenible a futuro.

3.5.2.1. Aplicación de la primera s: seiri (clasificar)

Muchas veces en la planta de producción se suele almacenar elementos y materiales innecesarios cerca de las área de trabajo, lo que interrumpe con el proceso normal de las actividades. Seiri consiste en la organización y la eliminación de estos materiales de las áreas de trabajo y conservar solamente los elementos necesarios para el desempeño de las actividades de los trabajadores. Este proceso se realiza mediante el análisis de frecuencia de uso y necesidad de los trabajadores.

Se realizó un dialogo con los trabajadores para determinar qué elementos son necesarios en cada área de trabajo, en los mismos puestos de trabajo se analizan todos los elementos y materiales

encontrados y se determina si es o no útil para alguien dicho elemento. En caso de no ser necesario se determina un área específica para su almacenamiento o su eliminación en caso de obsolescencia. Este proceso se muestra de manera más detallada en el siguiente gráfico:

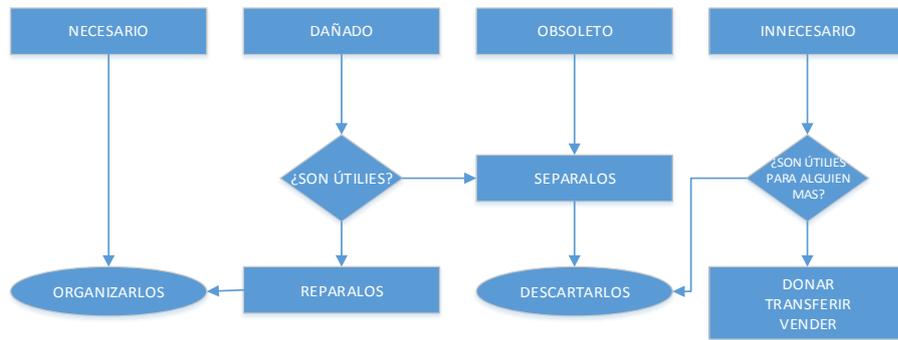


Figura 47-3. Criterio de selección (Seiri)

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Este proceso debe seguirse diariamente para mantener los puestos de trabajo despejados y en las mejores condiciones para desempeñar el trabajo.

Determinación de elementos necesarios e innecesarios

Se considera necesario a un elemento, herramienta o equipo dentro del área de trabajo cuando los trabajadores lo utilizan con frecuencia y es indispensable para realizar una parte del proceso. También se consideran aquí indispensables los elementos de seguridad como los equipos de protección personal y los elementos utilizados para el transporte y almacenamiento de materiales.

A continuación se detalla el listado de los elementos necesarios por área de trabajo que se realizó mediante la observación y dialogo con los trabajadores.

Tabla 54-3: Tabla de elementos necesarios

Nº	Área de trabajo	Elemento necesario	Cantidad
1	Almacenamiento de materia prima	-Pallets	10
2	Área de triturado	-Aplonadores - Material a triturar - Mini cargadora	3 1
3	Área de calcinado	-Caretilla - Removedor - Mini cargadora	2 2 1
4	Área de hidratado	-Máquina hidratadora	1
5	Área de pulverizado	-Big Bags - Lonas o sacos	
6	Área de empacado	-Lonas o sacos -Balanza	1
7	Almacenamiento de producto terminado	-Pallets	10

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

También se elaboró un registro de los elementos innecesarios encontrados en cada área de trabajo, estos elementos no representan ninguna utilidad en el desarrollo del proceso, en la siguientes tablas se detalla una lista de todos estos elementos.

Tabla 55-3: Lista de elementos innecesarios en los almacenamientos de materia prima

N°	Elemento Innecesario	Cantidad	Acción correctiva
1	Lonas	3	Trasladar a bodegas de almacenamiento
2	Varillas	7	Trasladar a bodegas de almacenamiento
3	Ladrillos	20	Trasladar a bodegas de almacenamiento
4	Maquina absoleta	1	Trasladar a bodegas de almacenamiento

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tabla 56-3: Lista de elementos innecesarios en el área de triturado

N°	Elemento Innecesario	Cantidad	Acción correctiva
1	Baldes	2	Trasladar al área de hidratado manual
2	Carretilla	1	Trasladar al área de calcinado
3	Listones de madera	7	Trasladar a bodegas de almacenamiento

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tabla 57-3: Lista de elementos innecesarios en el área de calcinado

N°	Elemento Innecesario	Cantidad	Acción correctiva
1	Partes de maquinaria ajena al área de trabajo	3	Trasladar a bodegas de almacenamiento
2	Escoba	1	Trasladar a bodegas de almacenamiento
3	Recogedor	1	Trasladar a bodegas de almacenamiento
4	Caja térmica sin uso	1	Trasladar a bodegas de almacenamiento
5	Martillo	1	Trasladar a bodegas de almacenamiento
6	Pinzas	2	Trasladar a bodegas de almacenamiento

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tabla 58-3: Lista de elementos innecesarios en el área de hidratado

N°	Elemento Innecesario	Cantidad	Acción correctiva
1	Carretilla	1	Trasladar al área de calcinado
2	Producto terminado		Trasladar al almacén de producto terminado
3	Pallet	1	Trasladar al almacén de producto terminado
4	Varillas	10	Trasladar a bodegas de almacenamiento

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tabla 59-3: Lista de elementos innecesarios en el empaclado

N°	Elemento Innecesario	Cantidad	Acción correctiva
1	Carretilla	1	Trasladar al área de calcinado
2	Silla	1	Trasladar a bodegas de almacenamiento
3	Tubos	3	Trasladar a bodegas de almacenamiento
4	Desperdicios de construcción		Recolectar y deshacer

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tabla 60-3: Lista de elementos innecesarios en el almacenamiento de producto terminado

N°	Elemento Innecesario	Cantidad	Acción correctiva
1	Pallets rotos	3	Recolectar y deshacer
2	Escombros de construcción		Recolectar y deshacer

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tarjeta roja

La tarjeta roja es un formato elaborado para registrar los elementos innecesarios dentro de las áreas de trabajo. Esto garantizará que los elementos no deseados sean retirados de las áreas donde se encuentren. Mediante la aplicación de estas tarjetas el jefe de producción puede identificar o señalar estos elementos con una tarjeta roja mediante una inspección durante la jornada laboral. Los operadores al ver una tarjeta roja saben inmediatamente que deben retirar ese elemento de esa área de trabajo y llevarla al lugar donde corresponde. Se elaboró las tarjetas rojas acorde a las necesidades de la empresa.

 INCOREG		TARJETA ROJA	
Fecha:	<input type="text"/>	N°	<input type="text"/>
Area:	<input type="text"/>		
Articulo:	<input type="text"/>		
Cantidad:	<input type="text"/>		
Razon de retiro:	<input type="text"/>		
Destino:	Transferir	<input type="checkbox"/>	
	Eliminar	<input type="checkbox"/>	
	Inspeccionar	<input type="checkbox"/>	
	Otro	<input type="checkbox"/>	
Comentario:	<input type="text"/>		
	<input type="text"/>		
	<input type="text"/>		

Figura 48-3. Tarjeta roja
Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Posterior a la capacitación se realizó la clasificación de los elementos necesarios e innecesarios, realizando esta actividad para cada área de trabajo en donde la estructura organizacional establecida asumió sus responsabilidades y colaboró en este proceso. Se colocó las tarjetas rojas conjuntamente con el Jefe de producción, considerando cuales son los elementos innecesarios dentro de las diferentes áreas de trabajo. Estos elementos posteriormente fueron analizados para su transferencia o desecho.

En las siguientes figuras de muestra la aplicación de las tarjetas rojas en algunos de los elementos innecesarios dentro del área de producción.



Figura 49-3. Aplicación de tarjetas rojas

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Mediante la aplicación de las tarjetas rojas se logró recuperar el espacio de trabajo que se encontraba obstruido por elementos que se colocaban donde no pertenecen. Los elementos considerados como innecesarios fueron registrados en la tabla indicada en el Anexo A.



Figura 50-3. Selección de materiales innecesarios

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.5.2.2. Aplicación de la segunda s: seiton (ordenar)

Posterior a la selección de elementos necesarios en los puestos de trabajo se procedió con la aplicación del Seiton en el cual se determina un lugar para cada cosa, mediante la aplicación de este pilar importante se logra reducir esfuerzos, transportes innecesarios, y pérdida de tiempo que puede generar la búsqueda de herramientas o elementos esenciales para el trabajo si estos no estuvieran en un lugar específico.

En el siguiente grafico se detalla el criterio a seguir para ordenar las cosas dentro del área de producción.

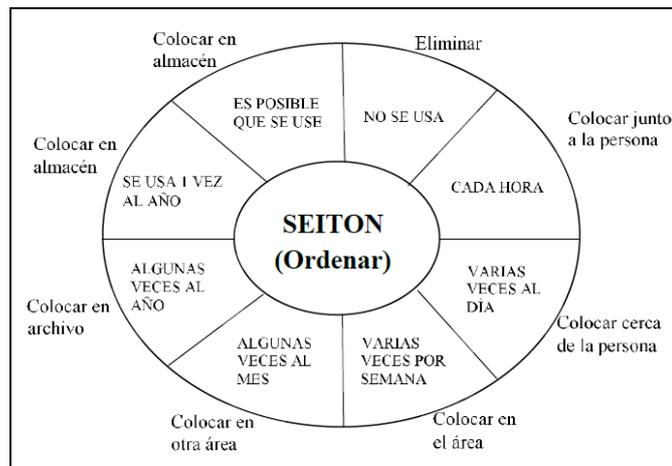


Figura 51-3. Criterio Seiton

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Una meta resumida de lo que se pretende alcanzar con la aplicación del Seiton es lograr la accesibilidad máxima a los puestos de trabajo y recorrer distancias mínimas, para ello se aplicó el siguiente proceso:

- En cada área de producción se estableció lugares adecuados establecidos para cada elemento indispensable para el trabajo.
- Se logró mantener identificados donde se ubica cada elemento.
- Se estableció almacenamientos de materiales que se usaran a futuro.
- Los equipos, herramientas, maquinaria, etc., se distribuyó de tal forma que poseen facilidad de identificación visual.
- Se capacito para promover la disciplina para el sustento futuro de la metodología.



Figura 52-3. Orden y organización de elementos en taller mecánico y estanterías

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

La utilización de equipos de protección personal son elementos muy importantes durante el desarrollo de las actividades, por tal motivo se implementó la señalética del uso obligatorio de las prendas de trabajo adecuadas, que fue colocado al ingreso a la planta de producción donde los trabajadores lo visualizan fácilmente.



Figura 53-3. Implementación de señalética de obligatoriedad

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.5.2.3. Aplicación de la tercera s: seiso (limpiar)

Seiso se trata de mantener limpia el área de trabajo, cada trabajador es responsable de mantener limpia su área al final de la jornada laboral. Los puestos de trabajo se deben mantener en un estado óptimo y seguro para que los trabajadores muestren mejor actitud al desempeñar su trabajo.

Planificación

Para la implementación de la tercera S es importante la capacitación, dando a entender el objetivo de realizarla. Se debe identificar las fuentes de suciedad acumulada y proponer soluciones para evitar que estas se acumulen nuevamente a futuro, para esto se forman grupos con sus respectivos líderes quienes aportaran para que este proceso se desarrolle de forma organizada.

Campaña de limpieza

Esta campaña es el inicio de la puesta en marcha de la limpieza permanente, y a partir de este punto es como se trata de mantener la empresa a futuro. En esta etapa se organiza las actividades y métodos de limpieza, así como la motivación a los trabajadores de disponer de áreas óptimas de trabajo y también los participantes en este proceso con la finalidad de que todos queden integrados en la campaña de limpieza.

Lo que se pretende lograr es inculcar el hábito de limpieza en los trabajadores. Las herramientas que se utilizaran son formatos check list de la auditoria 5S para el control de este proceso y así poder medir los resultados obtenidos.

Elaboración del manual de limpieza

El manual de limpieza establece los procedimientos de limpieza, atribuciones de los participantes, forma correcta de usar los elementos de limpieza, el tiempo que se establece para esta actividad

y la frecuencia con la que se realiza. En el Anexo B se detalla la elaboración del procedimiento de limpieza que se debe seguir en la empresa.

Implementación

Para la implementación del Seiso se realizó una campaña de limpieza en la cual se capacito a los trabajadores en sus puestos de trabajo, en los cuales se visualizaron fuentes de suciedad y acumulación de materiales y se realizó grupos de personas para una limpieza organizada. Se dio a conocer a los trabajadores los beneficios de disponer de un ambiente laboral limpio y se doto al personal con instrumentos de limpieza como: escobas, recogedores de basura, brochas, franelas según el tipo de desperdicios que se generan en los puestos de trabajo. También se adecuo los basureros de diferente color para las distintas áreas de trabajo asignando en cada uno los diferentes tipos de desperdicios.

Se determinó conjuntamente con el jefe de planta y los trabajadores que la limpieza se llevara de manera diaria y todos los trabajadores se tomaran 10 min antes de finalizar su jornada laboral para realizar las actividades de limpieza en sus puestos de trabajo, garantizando que los trabajadores de la próxima jornada encuentren el puesto de trabajo limpio y seguro, y se realizara una limpieza general de la planta una vez cada mes debido a la acumulación de desperdicio de material en lugares que los trabajadores no frecuentan habitualmente.

Para la limpieza de los diferentes recursos de la empresa se aplicó el siguiente criterio:

Tabla 61-3: Criterio para evaluación 5S

CRITERIOS PARA EVALUACIÓN "5S" EN PLANTAS INDUSTRIALES					
LIMPIAR	1	2	3	4	5
PISOS	Permanente con polvo, papeles, trapos, chatarra y restos de basura.	Con polvo y chatarra permanente.	Con polvo se ensucian por más que son barridos.	Están limpios al finalizar la jornada.	Están limpios en forma permanente.
TECHOS, PAREDES Y VENTANAS	Techos y paredes deteriorados totalmente, con manchas y sucios. Ventanas con vidrios rotos o remendados y sin lugar específico de materiales de limpieza	Techos y paredes deteriorados. Ventanas con vidrios sucios sin lugar específico de materiales de limpieza	Techos y paredes limpios, sin pintura. Ventanas con vidrios con polvo. Lugares materiales de limpieza definidos pero no se encuentran obstruidos	Techos y paredes limpias y pintadas, con polvillo y tela de arañas. Ventanas con vidrios y algo de polvillo lugares de materiales de limpieza definidos y accesibles a ellos	Techos y paredes limpias y pintadas. Ventanas con vidrios limpios. Lugares de materiales de limpieza definidos y accesibles a ellos
ARMARIOS ESTANTERÍAS, MESAS Y HERRAMIENTAS	Deteriorados con óxido, sin pintura, no se limpia nunca.	Deteriorados con óxido, sin pintura, se limpian poco. Algunas herramientas en buenas condiciones de uso	Pintados la limpieza se hace semanalmente. Herramientas en un 50% en buenas condiciones de uso.	Pintados, la limpieza se hace al finalizar la jornada. Herramientas en un 90% en buenas condiciones de uso.	Pintados, la limpieza se hace al finalizar la tarea. Herramientas en un 100% en buenas condiciones de uso.
MÁQUINAS Y EQUIPOS	Sucias, con óxido y aceite. Se limpian esporádicamente.	Sucias con aceite y sin óxido. Se limpian una vez al mes	Limpios en 50%; el resto con aceite. Existen rutinas de limpieza	Limpios un 90% el resto con algo de aceite. La rutina de limpieza se cumple en un 80%	Todo está limpio la rutina de limpieza se cumple totalmente

Fuente: DORBESSAN, J. Las 5S herramientas del cambio



Figura 54-3. Limpieza de la planta de producción

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.5.2.4. Aplicación de la cuarta s: seiketsu (estandarización)

El objetivo de la aplicación de la cuarta S Seiketsu es mantener el orden, la limpieza y la organización logrados con la implementación de la 3 primeras S.

Para la implementación de la cuarta S se revisó la aplicación de las 3 S aplicadas anteriormente, mediante los siguientes pasos:

- Se definió un responsable de evaluar las actividades y las condiciones alcanzadas hasta este punto.
- Se comprobó que la implementación se haya realizado correctamente.
- Se procedió a la implementación de carteles informativos.

Se colocó pancartas de información con la finalidad de recordar diariamente la implementación de esta metodología a los trabajadores y mantener la cultura y el estado en el que deben permanecer las áreas de trabajo. Además, también se colocó el manual de limpieza en diferentes partes de la planta de producción, para que los trabajadores puedan observar el procedimiento que se debe seguir para la limpieza de las diferentes áreas de trabajo.

Es importante el seguimiento y control en esta etapa para que los beneficios de las otras etapas implementadas anteriormente perduren y sea sostenible a futuro.



Figura 55-3. Implementación de pancartas de información

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.5.2.5. Aplicación de la quinta s: shitszuke (disciplina)

La disciplina debe ser parte esencial en la cultura del trabajador. Una vez que los trabajadores se han acoplado a la implementación de las 4 S anteriores generan autodisciplina, por lo que obtienen el hábito de realizar las actividades de la forma adecuada.

La aplicación de la 5 S es un proceso continuo que debe realizarse día a día. La disciplina no es algo visible, más bien es algo que existe en la mente y la cultura de los trabajadores y se puede evidenciar mediante la conducta de cada individuo.

Para fomentar la disciplina en esta metodología implantada en la empresa se debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Motivar constantemente al personal y capacitar sobre la metodología 5S
- La gerencia debe proveer constantemente a los trabajadores los recursos necesarios para hacer sostenible la implementación de las 5S.
- Los trabajadores deben tener bien definidos cuáles son sus roles y actividades a desempeñar dentro de la empresa.
- Todos los integrantes de la empresa deben colaborar y trabajar en cada una de las funciones asumidas en la metodología 5S, para que la organización, el orden y la limpieza sean parte de la cultura de cada uno de ellos.

3.5.2.6. Evaluación del nivel 5s final

Se realiza una auditoría al final de la implementación de la metodología 5S con la finalidad de medir los resultados obtenidos, la misma que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 62-3: Auditoria final 5s

AUDITORIA FINAL 5S						
Realizado por:		Alex Ramirez y Cristhian Aguilar				
Empresa:		Incoreg CIA. LTDA.				
Area:		Produccion				
Fecha:		07/07/2020				
VALORACION						
0= Muy deficiente		1= Deficiente		2= Regular		3= Bueno
4=Muy buenO			5=Exelente			
SEIRI - ORGANIZAR						
	0	1	2	3	4	5
1				X		
2				X		
3					X	
4					X	
TOTAL				14/0.20= 70%		
SEITON - ORDENAR						
	0	1	2	3	4	5
1					X	
2			X			
3				X		
4				X		
TOTAL				12/0.20 = 60%		
SEISO - LIMPIAR						
	0	1	2	3	4	5
1				X		
2					X	
3				X		
4				X		
TOTAL				13/0.20 = 65%		
SEIKETSU - ESTANDARIZAR						
	0	1	2	3	4	5
1					X	
2					X	
3					X	
4				X		
TOTAL				15/0.20 = 75%		
SHITSUKE - DISCIPLINA						
	0	1	2	3	4	5
1					X	
2				X		
3				X		
4				X		
TOTAL				13/0.20 = 65%		
Porcentaje general obtenido= 67%						

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021



Gráfico 3-3. Valores porcentuales finales 5s

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Según la auditoria final, posterior a la implementación de las 5S, se pudo determinar que el nivel general alcanzado en la empresa Incoreg CIA. LTDA. Es del 67% en comparación con la situación inicial que de 31%, del mismo en el grafico 3-3 se puede observar los niveles alcanzados de cada uno de los pilares de la metodología 5s de forma individual.

3.6. VSM final

Posterior a la implementación de la metodología 5S en la cultura de los trabajadores, se pudo evidenciar notablemente la mejora en el ámbito del orden y la limpieza en área productiva, disponiendo ahora con áreas de trabajo óptimos, manteniendo la organización como pilar fundamental en el proceso productivo.

Para dar solución al tiempo elevado en el proceso de hidratado manual identificado en el VSM de la situación inicial se implementó la máquina hidratadora en el cual el tiempo de en este proceso se redujo notablemente. Mediante la implementación de la máquina hidratadora conjuntamente con la implementación de la metodología 5S se logró optimizar notablemente los tiempos de producción, lo cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 63-3: Registro de tiempos del proceso posterior a la implementación

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TIEMPO (min)										Tiempo prom. (min)
Transporte de caliza hacia la trituradora primaria	0.75	0.67	0.75	0.63	0.67	0.65	0.62	0.63	0.60	0.65	0.66
Trituración de la caliza (0 - 12) cm y clasificación de (0-2), (2-12) cm	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.42	0.42	0.40	0.38	0.37	0.40
Transporte de la caliza hacia almacenamiento temporal	1.50	1.70	1.75	1.53	1.70	1.58	1.63	1.68	1.67	1.62	1.64
Espera hasta acumular una cantidad determinada	118	116	125	120	122	124	120	123	117	115	120
Transporte de caliza triturada hacia la tolva de los hornos de calcinación	1.65	1.75	1.62	1.68	1.83	1.63	1.57	1.50	1.53	1.52	1.63
Calcinación de la caliza triturada	600										600
Transporte de la caliza calcinada hacia el área de enfriamiento	9.2	8.45	8.1	9.12	9.2	9.32	8.95	8.54	9.21	9.11	8.92
Enfriamiento de la caliza calcinada	705	702	698	700	692	705	708	693	699	698	700
Transporte de caliza hacia la tolva de la maquina hidratadora	1.52	1.15	1.56	0.63	1.54	1.17	1.2	1.18	1.22	1.26	1.24
Hidratación automatizada	0.75										0.75
Transporte automatico de la caliza hidratada hacia el silo	0.97	0.85	0.90	0.97	1.00	0.87	0.95	0.97	0.98	0.98	0.94
Llenado de la lona	0.17	0.25	0.18	0.22	0.33	0.20	0.28	0.30	0.25	0.23	0.24
Pesado y verificado de 25 Kg cada lona	0.56	0.52	0.57	0.51	0.53	0.49	0.52	0.48	0.51	0.55	0.52
Cocido de la lona	0.17	0.25	0.13	0.17	0.20	0.22	0.17	0.18	0.13	0.15	0.18
Transporte hacia apilamiento temporal	0.22	0.15	0.17	0.20	0.17	0.13	0.18	0.20	0.17	0.15	0.17
Transporte de producto terminado hacia bodega	1.97	1.75	1.83	1.68	1.62	1.65	1.68	1.65	1.70	1.58	1.71

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tabla 64-3: Diagrama de proceso posterior a la implementación

DIAGRAMA DE OPERACION DE PROCESOS											
Empresa:	INCOREG.										
Áreas / Departamentos:	Producción de cal hidratada										
Producto	Albalux (Sacos de 25 kg)										
Fases del método	Actual:	x	Mejorado:		Fecha:						
Elaborado por:	Alex Ramirez										
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	N°	TIEMPO (min)					SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA				
		Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacén					
Almacenamiento de Caliza	1										x
Transporte de la caliza hacia la trituradora	2		0.66					x			
Trituración de la caliza (0 - 12) cm y clasificación de (0-2), (2-12) cm	3	0.40					x				
Transporte de la caliza hacia almacenamiento temporal	4		1.64					x			
Espera hasta acumular una cantidad determinada	5				120						x
Transporte de caliza hacia la tolva de los hornos de calcinación	6		1.63					x			
Calcinación de la caliza triturada	7	600					x				
Transporte de la caliza calcinada hacia el área de enfriamiento	8		8.92					x			
Enfriamiento de la caliza calcinada	9				700						x
Transporte de caliza hacia la tolva de los maquina hidratadora	10		1.24					x			
Hidratación automatizado	11	0.75					x				
Transporte automatico de la caliza hidratada hacia el silo	13	0.94						x			
Llenado de la lona	15	0.16					x				
Pesado y verificado de 25 Kg cada lona	16			0.52							x
Cocido de la lona	17	0.18					x				
Transporte hacia apilamiento temporal	18		0.17					x			
Transporte de producto terminado hacia bodega	19		1.71						x		
Almacenamiento en bodega del producto terminado ALVALUX	20										x
TOTAL		602.43	15.97	0.52	820	0.00	5	8	1	2	2

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tabla 65-3: Resumen del proceso posterior a la implementación

RESUMEN					
	Simbología	Cantidad	Tiempo (min)	Tiempo total (min)	Porcentajes
AVG		5	602.43	602.95	41.9%
		1	0.52		
AGNV		8	15.97	835.97	58.1%
		2	820		
		2	0		
TOTAL		18	1438.92	100%	

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Después de la implementación se puede apreciar que se logró reducir el porcentaje de las actividades que no generan valor agregado al producto de un 85.2% del valor inicial a un 58.1% posterior a la implementación. El total del tiempo de producción obtenido es de 1.02 días (1438.92 min).

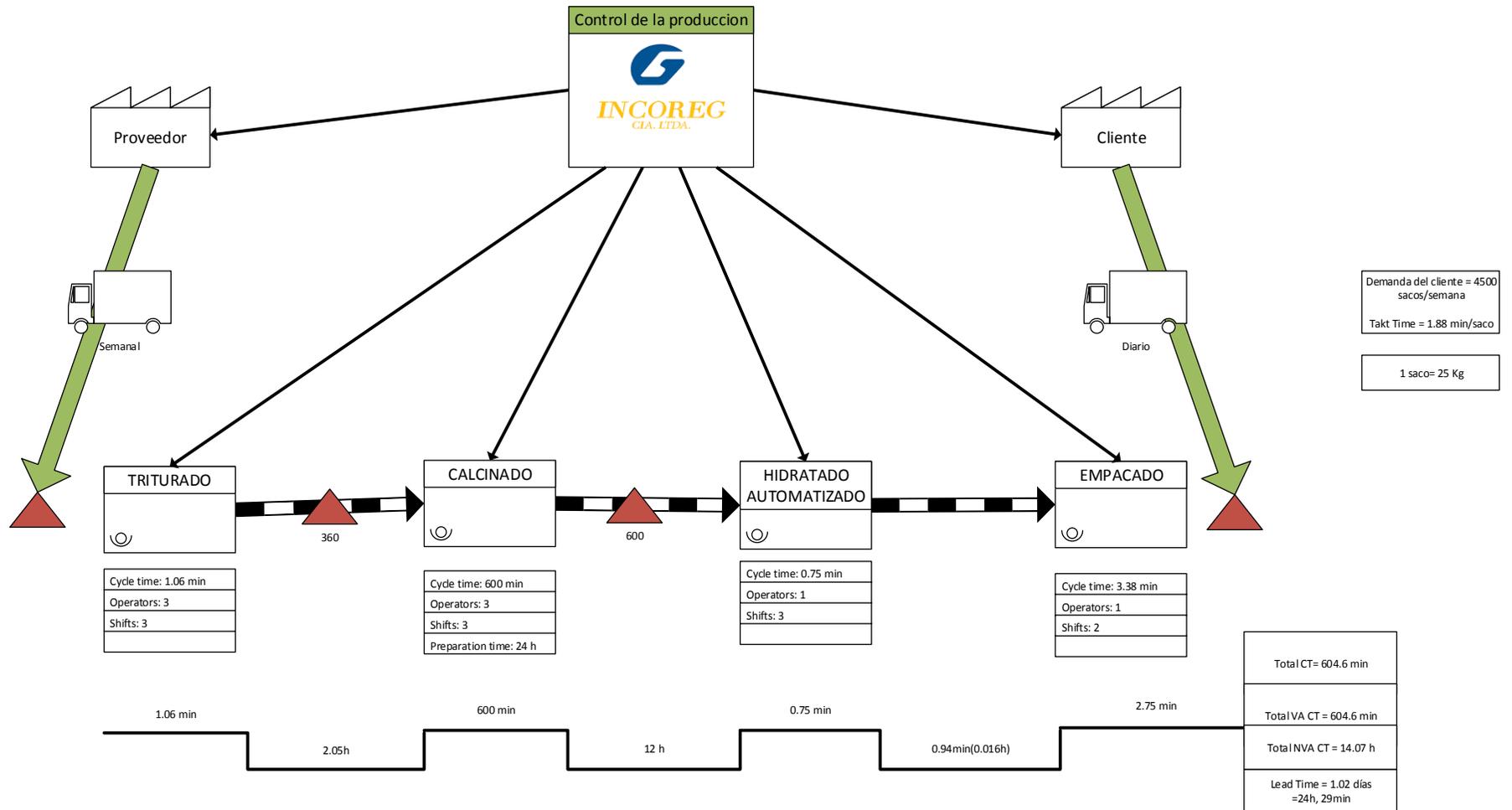


Figura 56-3. VSM final

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

3.6.1. Interpretación del VSM final

Posterior a la implementación de la máquina hidratadora y la implementación de la metodología 5S se levantó el VSM de la situación final donde se determinó lo siguiente:

- **Reducción del tiempo de las Actividades que no agregan valor al producto**

Se logró eliminar el tiempo del proceso de espera de hidratación, la actividad de hidratado con la máquina implementada en comparación con el método manual se reduce de un tiempo de 45 minutos a un tiempo de 0.75 minutos/saco y el tiempo de espera (48 horas) posterior a esta actividad en el proceso inicial se elimina totalmente.

Mediante la organización y el orden en el proceso de trabajo se logró agilizar el desarrollo de las actividades. Los trabajadores desempeñan sus funciones de forma más eficiente, lo cual se refleja en los tiempos del proceso.

Tabla 66-3: Resumen de los tiempos del proceso

Proceso inicial	Proceso mejorado
Total CT= 650.9 min	Total CT= 604.6 min
Total VA CT = 650.9 min	Total VA CT = 604.6 min
Total NVA CT = 62.08 h =2.64 días	Total NVA CT = 14.07 h
Lead Time = 3.1 días =72h, 56min	Lead Time = 1.02 días =24h, 29min

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

- **Reducción de desperdicios**

Con la implementación de las herramientas Lean Manufacturing y la máquina hidratadora se redujo notablemente los desperdicios dentro del proceso, en la siguiente tabla se evidencia los valores de desperdicios obtenidos en la situación mejorada:

Tabla 67-3: Reducción de desperdicios en la situación mejorada

Desperdicio	Porcentaje
Material	4%
Producto defectuoso	1%
Sobre procesamiento	5%
Esperas	18.74%
Transportes	0.36%

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

- **Mejora de las condiciones de trabajo**

La metodología Lean Manufacturing contribuyó en la mejora de las condiciones de trabajo, la cual mediante capacitaciones al personal se logró instruir sobre la importancia de la organización y limpieza en los puestos de trabajo.

Mediante la implementación de esta metodología los trabajadores conocen y aplican estándares de limpieza diariamente, el trabajo se realiza de una forma mas organizada, los trabajadores usan correctamente sus equipos de porteccción personal y todo esto repercute en la actitud del trabajador, ya que desempeña sus funciones en un ambiente comfortable y esto se ha visto refleja en la empresa.

Análisis de la productividad de la situacion mejorada

Despues de la implementación se puso en marcha la producción con la máquina hidratadora y se recolectaron los datos de la producción durante 3 meses obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 68-3: Producción de la situación mejorada

Producto: Alvalux	Registro Semanal de Producción 2020
Presentacion: Sacos de 25 Kg	Unidades producidas
JULIO	
Semana 1	5923
Semana 2	6102
Semana 3	5830
Semana 4	6251
AGOSTO	
Semana 1	5423
Semana 2	5964
Semana 3	5832
Semana 4	5841
SEPTIEMBRE	
Semana 1	5856
Semana 2	5912
Semana 3	6056
Semana 4	5962

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021



Gráfico 4-3. Valores de producción finales

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Con los datos obtenidos de la productividad posterior a la implementación se obtuvo un promedio de la producción que es un valor de 5913 sacos de 25 kg por semana aproximadamente.

El estudio de la productividad se analizó mediante la relación de la producción en función del tiempo, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad de producción} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo empleado}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{5913 \text{ (Sacos de 25 kg)}}{8460 \text{ min}}$$

$$\text{Productividad} = 0.70 \text{ sacos/min}$$

En la situación mejorada se determinó que la empresa produce 0.70 sacos de alvalux cada minuto, lo cual es suficiente para satisfacer la demanda de los clientes, ya que para cumplir con la demanda promedio semanal de 4500 sacos, se debe disponer de una capacidad de producción mínima de 0.53 sacos/min.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Posterior a la implementación se evaluó los resultados obtenidos mediante la implementación de la máquina hidratadora, VSM y la metodología 5S, a continuación se detalla la factibilidad técnica de la implementación realizada, comprobando la mejora en la productividad y disminución de tiempos que no agragan valor al producto.

4.1. Evaluación 5S

Con la auditoria final de las 5s se determinaron los valores alcanzados de cada uno de los pilares de esta metodología, en la siguiente tabla se evidencia la comparación entre los valores iniciales y finales de cada uno estos:

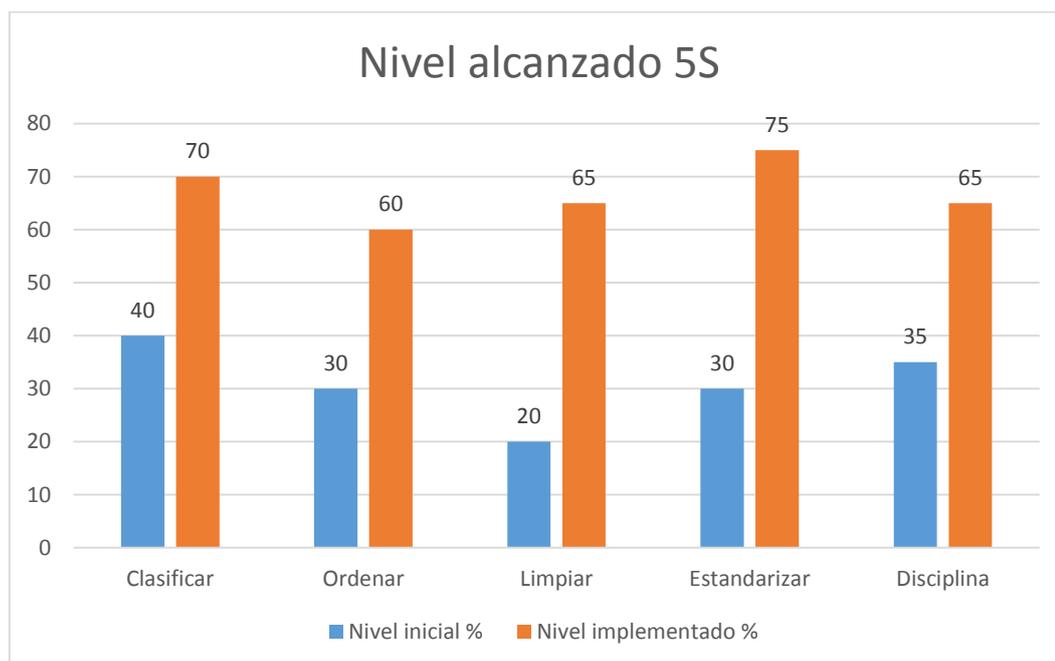


Gráfico 1-4. Comparación de los niveles iniciales y finales 5S

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Tabla 1-4: Niveles alcanzados en la auditoría 5S

NIVELES DE LA AUDITORIA 5S			
Herramienta	Nivel inicial %	Nivel implementado %	Porcentaje de mejora
Clasificar (SEIRI)	40%	70%	30%
Ordenar (SEITON)	30%	60%	30%
Limpiar(SEISO)	20%	65%	45%
Estandarizar (SEIKETSU)	30%	75%	45%
Disciplina (SHITSUKE)	35%	65%	30%
PORCENTAJE GENERAL	31%	67%	36%

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Se puede evidenciar que después de la implementación de las 5S, se obtuvo como resultado una mejora notable del 36% de forma general, pasando de un 31% en su nivel inicial a un 67% al final de la implementación, lo que se puede constatar actualmente en la organización y la actitud de los trabajadores, lo que notablemente hace que exista mejora en el desempeño y el desarrollo de las actividades de los trabajadores.

Mediante la implementación de la metodología 5S se logró que:

- Los trabajadores conozcan y apliquen estándares de limpieza diariamente
- El trabajo se realiza de una forma más organizada
- Los trabajadores usan correctamente sus equipos de protección personal
- Influye en la actitud de los trabajadores, ya que desempeñan sus funciones en un ambiente confortable y esto se ha visto reflejado en la empresa.

Las herramientas de la metodología Lean Manufacturing contribuyeron en la mejora continua de las condiciones de trabajo, la cual mediante capacitaciones al personal se logró generar autodisciplina en los trabajadores para que la metodología sea sostenible a futuro.

La reducción de los tiempos del proceso productivo también se vio influenciado positivamente ya que mediante la organización y el orden en el proceso de trabajo se logró agilizar el desarrollo de las actividades. Los trabajadores saben donde se encuentran todos los elementos necesarios para realizar sus actividades, no desperdician tiempo buscándolos y los tiempos de transporte son mínimos.

4.2. VSM final vs Inicial

Mediante el VSM de la situación mejorada se determinaron los siguientes valores en la reducción de los tiempos que no agragan valor al producto:

Tabla 2-4: Comparación de los tiempos iniciales y finales

	Situación inicial	Situación mejorada
Total tiempo VAG	650.9 min	604.6 min
Total tiempo AGVN	62.08 horas	14.07 horas
Lead time	72 horas, 56 min	24 horas, 29 min

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

En la tabla anterior se puede observar que el tiempo de las actividades que agraga valor al producto en la situación inicial fue de 650.9 minutos y en la situación mejorada fue 604.6 minutos, lo cual obtuvo una reducción de tiempo de 49 minutos.

El tiempo de las actividades que no generan valor agregado al producto en la situación inicial fue de 62.08 horas y en la situación mejorada fue de 14.07 horas, lo cual significa que se obtuvo una reducción de tiempo de 48.02 horas, que representa la optimización del tiempo de espera en el proceso de la hidratación de la caliza manualmente.

Con lo antes mencionado, el tiempo que existe entre el primer y el último paso de la fabricación de un producto conocido también como Lead Time paso de 72 horas con 56 min en la situación inicial a 24 horas con 29 min en la situación mejorada.

4.3. Resultados de la implementación de la máquina hidratadora

Mediante la implementación de la máquina hidratadora se logró eliminar el proceso de espera de hidratación y por ende el tiempo que esta actividad tomaba. En el VSM final se puede observar que la actividad de hidratado con la máquina implementada en comparación con el VSM inicial se reduce de un tiempo de 45 minutos a un tiempo de 0.75 minutos/saco y el tiempo de espera (48 horas) posterior a esta actividad en el proceso inicial se elimina totalmente ya que la máquina hidratadora no necesita un tiempo de espera debido a que esta provee un movimiento constante y hace que el producto se dirija inmediatamente al proceso de ensacado.

Además se reduce el número de trabajadores en esta actividad, necesitando de 3 trabajadores en la situación inicial y solamente 1 trabajador para la operación y control de la máquina hidratadora en la situación mejorada.

HIDRATADO MANUAL	HIDRATADO AUTOMATIZADO
	
Cycle time: 45 min	Cycle time: 0.75 min
Operators: 3	Operators: 1
Shifts: 3	Shifts: 3

Figura 1-4. Comparación de los tiempos del proceso

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

La implementación de la máquina hidratadora influyó también en la reducción de materia para reproceso y desperdicios ya que inicialmente el proceso manual generaba una excesiva cantidad de partículas de cal esparcidas por el ambiente lo cual ocurría por la reacción exotérmica al ser hidratada en un ambiente abierto y se reflejaba en capas de cal que se acumulaba a nivel del suelo la cual se contaminaba con otras impurezas. Esto se logró reducir gracias al nuevo método de hidratación en una cámara totalmente cerrada lo que reduce notablemente los desperdicios.

Por otra parte el método manual de hidratación no permitía que la cal se hidrate de la manera más adecuada ya que el agua no penetraba uniformemente lo que dejaba partículas de piedra calcinada para ser reprocesada. Esto se mejoró mediante el mecanismo rotativo de hidratación en la máquina implementada que permite obtener una mejor calidad de hidratado debido a que el agua penetra de forma más uniforme y eficiente.

Tabla 3-4: Comparación de los niveles de desperdicios

Desperdicio	Porcentaje inicial	Porcentaje mejorado
Material	12%	4%
Producto defectuoso	1%	0.62%
Sobre procesamiento	19%	5%
Esperas	84%	18.74%
Transportes	0.62%	0.36%

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

4.4. Productividad inicial vs productividad final

En el análisis comparativo de las cantidades de producción se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 4-4: Comparación de la productividad inicial y final

Producto: Alvalux					
Presentación: Sacos de 25 Kg					
Situación Inicial			Situación mejorada		
Septiembre	Semana 1	3994	Julio	Semana 1	5923
	semana 2	3709		semana 2	6102
	Semana 3	4008		Semana 3	5830
	Semana 4	3925		Semana 4	6251
Octubre	Semana 1	4108	Agosto	Semana 1	5423
	semana 2	4010		semana 2	5964
	Semana 3	4105		Semana 3	5832
	Semana 4	3792		Semana 4	5841
Noviembre	Semana 1	3992	Septiembre	Semana 1	5856
	semana 2	4005		semana 2	5912
	Semana 3	4110		Semana 3	6056
	Semana 4	3985		Semana 4	5962
Diciembre	Semana 1	4158	Producción promedio		5913
	semana 2	3992			
	Semana 3	3856			
	Semana 4	4085			
Enero	Semana 1	3985			
	semana 2	3991			
	Semana 3	4025			
	Semana 4	3957			
Producción promedio		3990			

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Para determinar la mejora en la productividad se tomó los valores de los registros de producción semanal durante varios meses con la finalidad de obtener resultados mas confiables y se trabajó con los valores promedios para determinar la capacidad productiva en la situación inicial y mejorada.

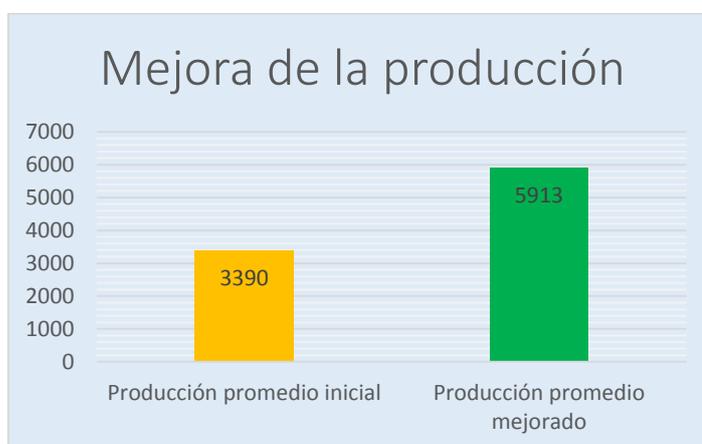


Gráfico 2-4. Comparación de la producción inicial y final

Realizado por: Ramírez Alex y Aguilar Cristhian, 2021

Para el análisis de la productividad se seleccionó el producto con el proceso más largo ya que comparte la mayoría de pasos o actividades con los otros productos, el producto seleccionado fue la cal hidratada en empaques de 25 kg, más conocido como Alvalux.

En la situación inicial se determinó que la producción promedio por semana era de 3990 sacos de Alvalux, lo cual no era cantidad suficiente para satisfacer la demanda promedio de 4500 sacos/semana.

Con la implementación de la máquina hidratadora se obtuvo una producción promedio de 5913 sacos/semana. Lo cual nos indica que el incremento de producción es de 1923 sacos por semana en el método mejorado.

CONCLUSIONES

- Se analizó la situación inicial de la empresa Incoreg mediante el método VSM, donde se determinó que en la situación inicial se determinó que el total de las actividades que agregan valor al producto corresponde al 14.8%, mientras que las actividades que no agregan valor al producto corresponde al 85.2%. En la situación mejorada se logró reducir notablemente el porcentaje de las actividades que no agregan valor a un 58.1%.
- Mediante la metodología 5S se obtuvo como resultado una mejora notable del 36% de forma general, pasando de un 31% en su nivel inicial a un 67% al final de la implementación, lo que se puede constatar actualmente en la organización y la actitud de los trabajadores, lo que notablemente hace que exista mejora en el desempeño y el desarrollo de las actividades de los trabajadores.
- Se diseño e implementó la maquina hidratadora con la cual se logró reducir el tiempo de hidratación de la cal, de un tiempo de 45minutos a un tiempo de 0.75 minutos/saco y el tiempo de espera (48 horas) posterior a esta actividad en el proceso inicial se eliminó totalmente.
- Se levantó el VSM de la situación mejorada posterior a la implementación, el cual se comprobó la mejora en la productividad, la cual pasó de 0.42 sacos/min (3390 sacos/semana) a 0.70 sacos/min (5913 sacos/semana), y el tiempo total del proceso paso de 3.10 días a 1.02 días, cumpliendo con los parámetros requeridos para satisfacer la demanda de los clientes.

RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones y auditorias periódicas dentro del proceso productivo con respecto a las herramientas Lean Manufacturing implementadas con el objetivo de alcanzar la mejora continua.
- Apoyar constantemente desde la parte gerencial hasta el nivel operativo de la empresa con el desempeño de sus roles dentro de la metodología implementada, para lograr la sostenibilidad de la misma a futuro.
- Es deber de la gerencia proporcionar los elementos necesarios para la continuidad del programa 5S implementado.
- Antes de operar la máquina hidratadora implementada, se debe conocer primero el manual de funcionamiento y tener una capacitación previa.

GLOSARIO

Control visual: Herramienta del Lean Manufacturing que hace evidente las desviaciones del estándar. A través de información visual como paneles, gráficos, esquemas o instrucciones se hacen visibles los despilfarros, dando a conocer el estándar vigente en cada momento y facilitando la supervisión del cumplimiento del estándar. Hernandez Matias y Vizán Idoipe (2013, p.159)

Defecto: Producto que se desvía de las especificaciones o no satisface las expectativas del cliente, incluyendo los aspectos relativos a seguridad. Hernandez Matias y Vizán Idoipe (2013, p.159)

Estandarización: Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para desarrollar una actividad o proceso. (Rajadell Carreras y Sánchez García 2010, p.42)

Mapa de cadena de valor: Una cadena de valor hace enfoque a todas las actividades necesarias que un producto o servicio tiene que recorrer, desde que el cliente solicita o realiza un pedido hasta que este lo recibe. Cada una de las actividades o etapas del sistema de producción del bien o servicio, flujo de la materia, consumo y manejo final se les conoce como eslabones. El número de eslabones que conforma una cadena de valor varía dependiendo del tipo de industria. Las actividades o eslabones de la cadena pueden ser realizados por una o varias empresas. (Rajadell Carreras y Sánchez García 2010, p.44)

Producción flexible: Se refiere a la amplia flexibilidad funcional, que se apoya en la cualificación, la polivalencia y la versatilidad de los trabajadores, lo que proporciona un mejor uso de éstos en función de las necesidades de la producción y de los cambios a considerar en la elaboración de unos productos en lugar de otros según la variabilidad de la demanda. El trabajo en equipo, las sugerencias e ideas y el aporte de los trabajadores facilitan la mejora continua y el alcance de los objetivos de calidad y competencia que exige un mercado cada vez más competitivo. Hernandez Matias y Vizán Idoipe (2013, p.167)

Tiempo de ciclo: Es el tiempo que transcurre desde el inicio hasta el final de una operación. En otras palabras, es el tiempo necesario para completar las operaciones sobre un producto en cada estación de trabajo. Hernandez Matias y Vizán Idoipe (2013, p.167)

BIBLIOGRAFÍA

AÑAGUARI YARASCA, M.A.; & GISBERT SOLER, V. "lean manufacturing como herramienta de competitividad en las pymes españolas". 3c Tecnología_Glosas de innovación aplicadas a la pyme [en línea], 2016, vol. 5, no. 3, pp. 20-29. [Consulta: 24 abril 2020]. ISSN 22544143. Disponible en: <http://www.3ciencias.com/articulos/articulo/lean-manufacturing-herramienta-competitividad-las-pymes-espanolas/>

ARQUITECTURAPURA. Cal viva. [blog] 2018. [Consulta: 15 enero 2020]. Disponible en: <https://www.arquitecturapura.com/cal-viva/>.

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. Reporte de minería. [blog] 2017. [Consulta: 29 enero 2021]. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012017.pdf>.

CALDERÓN, C. Diseño e implementación del sistema de control y automatización de los procesos de dosificación del hormigón. [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. 2007. p.1. [Consulta: 29 enero 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9918>.

CASTREJÓN GALLEGOS, A. Implementación de de herramientas de Lean Manufacturing en el area de empaque de un laboratorio farmaceutico. [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Instituto Politécnico Nacional, Mexico. 2016 [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en <http://repositorio.upiicsa.ipn.mx/handle/20.500.12271/705?offset=40>.

CASTRO VÁSQUEZ, J.I. Propuesta de implementación de la metodología lean manufacturing para la mejora del proceso productivo en la línea de envasado pet de la empresa ajeper s.a. [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Nacional de Trujillo, Perú. 2016 [Consulta: 29 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8365>.

ESPECIFICAR. Cal hidratada o apagada. *Fichas tecnicas*. [blog] 2017. [Consulta: 17 enero 2020]. Disponible en: <http://www.especificar.cl/fichas/cal-hidratada-o-apagada>.

FLEXICON. Equipos y sistemas de manejo de materiales a granel. *Cal Hidratada*. [blog] 2015. [Consulta: 17 enero 2020]. Disponible en: <http://www.flexicon.es/Materiales-Manejados/Cal-Hidratada.html>.

HERNANDEZ MATIAS, J.C.; & VIZÁN IDOIBE, A. Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. S.l.: s.n. 2013 ISBN 978-84-15061-40-3. pp. 10-91.

HIDALGO AGUILERA, L; et al. "Diseño e implementación de una máquina recicladora de botellas plásticas por corte, controlada automáticamente". Enfoque UTE [en línea], 2017, vol. 8,

no. 5, pp. 89-102. [Consulta: 12 enero 2020] ISSN 1390-6542. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-65422017000500089&lng=es&nrm=iso&tlng=es

INCOREG CIA. LTDA. Incoreg. *Productora Tipo A de Cal y Carbonatos*. [Blog] 2017. [Consulta: 17 enero 2020]. Disponible en: www.incoreg.com.ec.

MARTÍNEZ GARCÍA, C.M.; & RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, O.J. Propuesta de sistema de control para optimizar el acceso vehicular en el estacionamiento del centro comercial Plaza INTER (Managua) [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. other. S.l.: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 2014. pp. 26-27. [Consulta: 4 agosto 2020]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/5707/>.

RESOLUCIÓN N° 14346. *Reglamento de Industrias y Productividad*.

ÑAÑACCHUARI SIVIPAUCAR, P. Implementación de las 5s para mejorar la productividad en el área de almacén de la Empresa Pinturas Bicolor SAC, [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad César Vallejo, Lima, Perú. 2017. p.14. [Consulta: 29 enero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/2000>. 2017.

PAREDES RODRÍGUEZ, A.M. "Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio". ENTRAMADO [en línea], 2017, vol. 13, no. 1, pp. 262-277. [Consulta: 26 enero 2021]. ISSN 19003803. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/1126>

PATIÑO DUQUE, H.D; et al. "Metodología del diseño y modelado de un accionamiento mecánico". *Scientia et technica* [en línea], 2017, vol. 22, no. 1, pp. 24. [Consulta: 26 enero 2021]. ISSN 2344-7214, 0122-1701. Disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/12801>

RAJADELL CARRERAS, M. y SANCHÉZ GARCÍA, J.L. Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. S.l.: Ediciones Díaz de Santos. 2010. ISBN 978-84-7978-967-1. p 40.

RUIZ COBOS, J. Implementación de la Metodología Lean Manufacturing a una Cadena de Producción Agroalimentaria. 2016 , pp. 97.

SEVILLANO, F. Redindustria: Lean Manufacturing y Mes (II). *redindustria* [blog] 2008. [Consulta: 29 enero 2021]. Disponible en: <http://redindustria.blogspot.com/2008/10/lean-manufacturing-y-mes-ii.html>.

TEXTOS CIENTIFICOS. Cales, compuestos de calcio. [Bblog] 2005. [Consulta: 09 enero 2021]. Disponible en: <http://www.textoscientificos.com/quimica/cales>.



Firmado digitalmente por:
JEONATAN RODRIGO
PARRERO UQUILLAS

ANEXOS

ANEXO A: CUADRO DE REGISTRO DE TARJETAS ROJAS

		REGISTRO DE TARJETAS ROJAS - INCOREG CIA. LTDA.				CODIGO	
						5S-INC-001	
ITEM	FECHA	ELEMENTO	DESCRIPCION	AREA	CANTIDAD	ACCION CORRECTIVA	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
Realizado por:				Aprobado por:			
Fecha:				Fecha:			

ANEXO B: PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA

	INCOREG CIA. LTDA.	Versión: 01
	PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA EN LAS AREAS DE TRABAJO	Página: 1 de 5

PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA EN LAS AREAS DE TRABAJO

CONTENIDO

1. OBJETIVO
2. ALCANCE
3. RESPONSABLES
4. NORMATIVA APLICABLE
5. GLOSARIO Y DEFINICIONES
6. DESARROLLO

	INCOREG CIA. LTDA.	Versión: 01
	PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA EN LAS AREAS DE TRABAJO	Página: 2 de 5

1. OBJETIVO

Brindar un ambiente laboral seguro, limpio y ordenado a la empresa INCOREG, mediante la metodología 5S que permite mantener mejores condiciones laborales, con el fin de mejorar la productividad, la cultura y disciplina de los trabajadores dentro de las diferentes áreas de trabajo de la empresa.

2. ALCANCE

El presente procedimiento está dirigido a todo el personal administrativo y laboral de la empresa INCOREG CIA. LTDA. El seguimiento de este documento es la base fundamental de la mejora continua de la organización.

3. RESPONSABLES

La documentación levantada para promover la organización, el orden y la limpieza en la empresa es de carácter general e implica a todos los miembros que conforman y trabajan dentro de esta organización. La ejecución y eficacia de este procedimiento dependerá del compromiso y colaboración de todo el personal de la empresa, de este modo se lograra fomentar los buenos hábitos en la cultura de los trabajadores.

Gerente

Aprobar y firmar el presente documento para su respectiva socialización.

Jefe de producción

Socializar y hacer cumplir el siguiente procedimiento a todo el personal de la empresa, haciendo tomar conciencia a los trabajadores sobre los riesgos que se pueden presentar al desempeñar sus funciones diarias en ambientes carentes de orden y limpieza.

	INCOREG CIA. LTDA.	Versión: 01
	PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA EN LAS AREAS DE TRABAJO	Página: 3 de 5

4. REFERENCIA LEGAL

- **Decreto Ejecutivo 2393.** Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente laboral.
- **Resolución No. C.D.513.** Reglamento del seguro general de Riesgos del Trabajo del IESS.

5. GLOSARIO Y DEFINICIONES

Residuo: Sustancia, objeto o material del que su poseedor se desprende por ya no tener utilidad alguna.

Organizar: Es una acción que involucra planificación, para lo cual es necesario tener claro el objetivo o propósito y lo que se desea lograr con los elementos.

Ordenar: Colocar, ubicar o situar algo o alguien acorde con un plan determinado o manera adecuada. Se refiere a la correcta disposición y manipulación de los materiales.

Clasificar: Separa los materiales u objetos útiles de los innecesarios y disponer solamente de lo necesario para desalojar las actividades.

Disciplina: Conjunto de reglas dirigidas al comportamiento para mantener el orden y la organización entre los miembros de una colectividad a partir de entrenar nuestras facultades mentales para desarrollar la cultura deseada.

6. DESARROLLO

6.1. Eliminar lo innecesario y clasificar lo útil

- Se dispondrá de contenedores de basura en cada área de trabajo para la recolección de desechos.
- Se establecerá un criterio para la clasificación y eliminación de desechos.
- Se trabajara sobre las causas de acumulación de materiales, herramientas y residuos.

	INCOREG CIA. LTDA.	Versión: 01
	PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA EN LAS AREAS DE TRABAJO	Página: 4 de 5

6.2. Acondicionar espacios para guardar y localizar el material

- Se asignara un lugar para cada cosa y se inculcara al personal para desarrollar este hábito.
- Al finalizar la jornada laboral, los trabajadores deberán dejar todos sus útiles, herramientas y equipos utilizados en su lugar correspondiente

6.3. Fomentar la organización, el orden y la limpieza

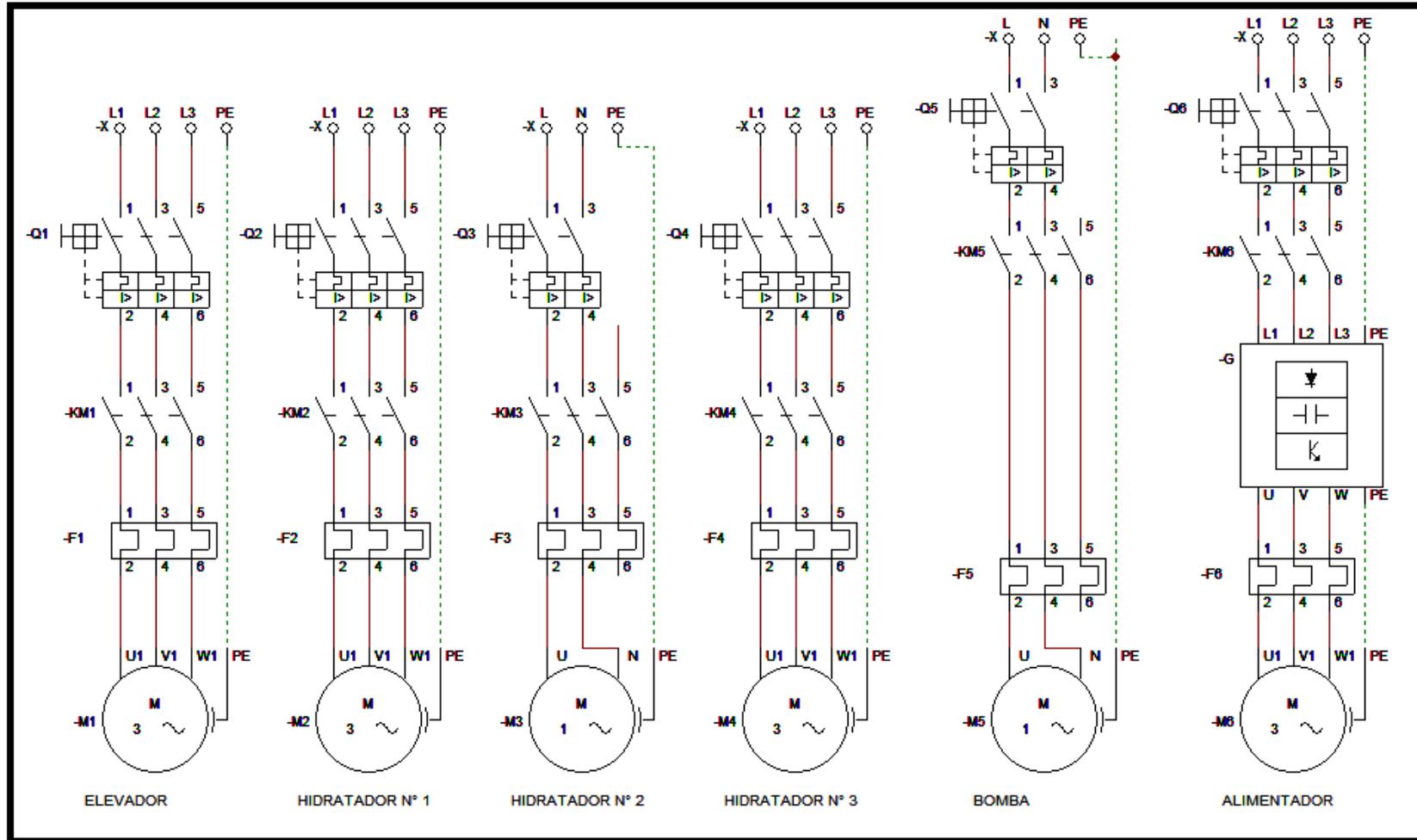
- Se procurara que los trabajadores dispongan de un entorno laboral confiable y seguro.
- No se almacenaran materiales ni equipos en zonas donde obstruyen el paso.
- Se usara la ropa de trabajo adecuada en función a las actividades a desarrollar.
- Diariamente los trabajadores se tomaran 10 minutos al finalizar su jornada laboral para realizar las actividades de limpieza en el área que les corresponda trabajar.
- Dejar la zona de trabajo en lo posible libre de residuos de cal y depositar los mismos en la zona especificada de material para reproceso.
- Colocar siempre las protecciones de los sistemas de transmisión de las máquinas para que de este modo no se vea afectado su funcionalidad por el contacto con los residuos volátiles de cal.
- Al iniciar la jornada laboral deberán comprobando la funcionalidad de las herramientas y equipos a utilizar, caso contrario se deberá notificar las anomalías encontradas al responsable inmediato.

6.4. Gestionar adecuadamente el procedimiento

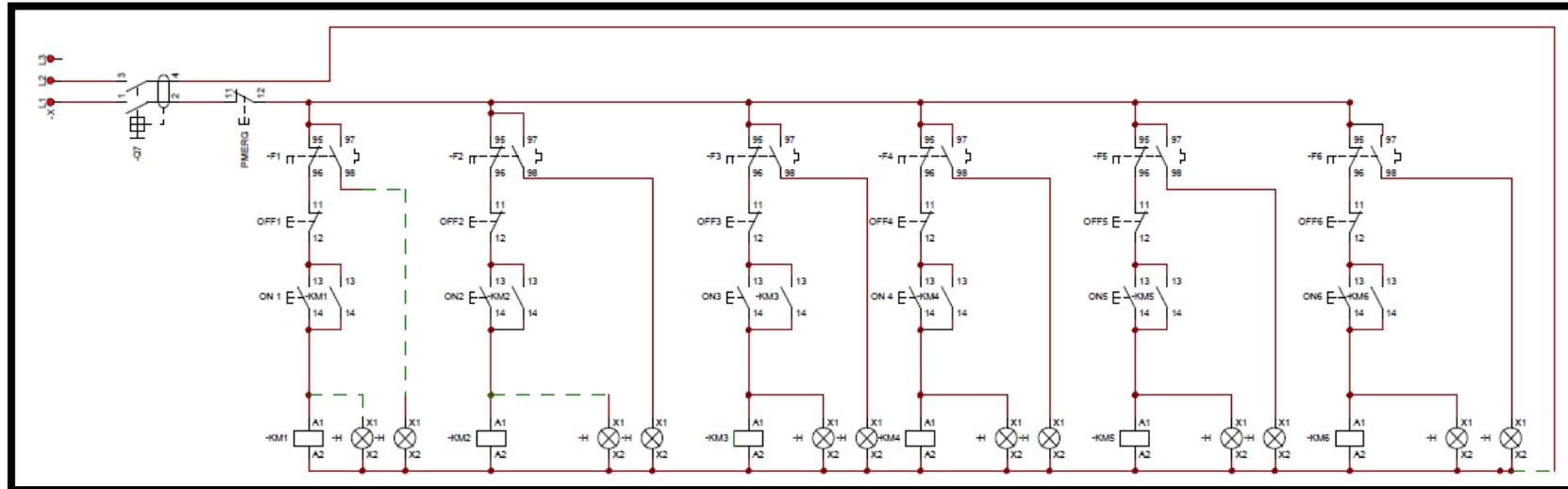
- Es importante la participación de todos los miembros que conforman la empresa, mediante la asignación de tareas a todos los involucrados en el desarrollo de esta actividad se conseguirá los resultados esperados.
- El jefe de producción realizara periódicamente inspecciones de orden y limpieza en las áreas de trabajo y se sancionará a aquellos que muestren incumplimiento en este ámbito.
- Las actividades de organización, orden y limpieza no deben ser consideradas como tareas extraordinarias, sino como tareas ordinarias e integradas al trabajo.

	INCOREG CIA. LTDA.	Versión: 01
	PROCEDIMIENTO DE ORDEN Y LIMPIEZA EN LAS AREAS DE TRABAJO	Página: 5 de 5
Elaborado por:		Aprobado por:
Cristhian Aguilar y Alex Ramírez		Ing. Fausto Guevara

ANEXO C: DIAGRAMA DE POTENCIA



ANEXO D: DIAGRAMA DE CONTROL



Donde:

Q7: interruptor termo magnético

PMERG: pulsador de emergencia

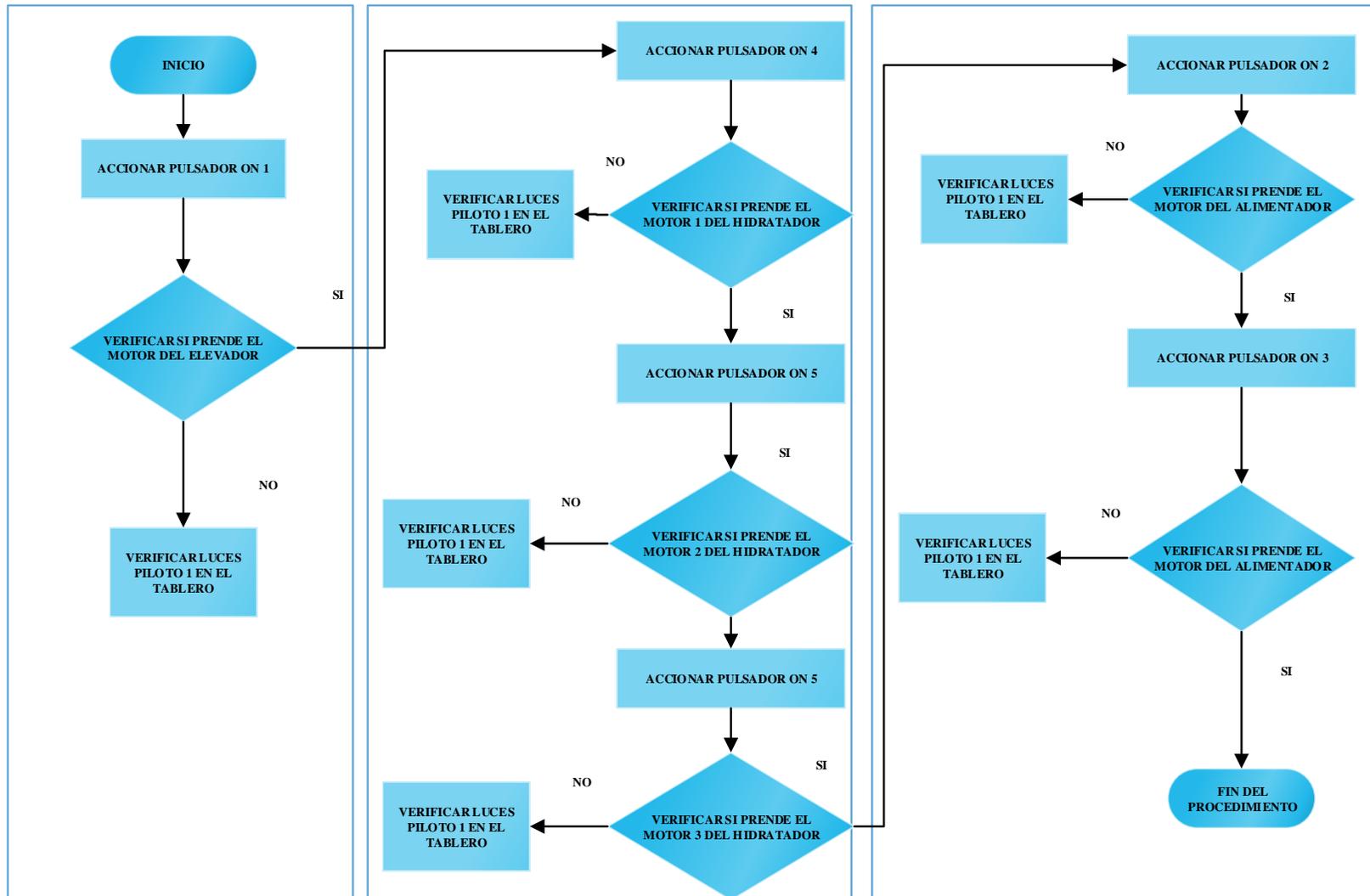
F1, F2,..., F6: relé térmico

OFF1, OFF2,..., OFF6: pulsador normalmente cerrado

ON 1, ON 2,..., ON 6: pulsador normalmente abierto

KM1, KM 2,..., KM 6: contactores

ANEXO E: FLUJOGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA



ANEXO F: ESQUEMA DEL PROCESO COMPLETO DE HIDRATADO

