

Universidad Acción Pro Educación y Cultura



Decanato de Ingeniería e Informática

Escuela de Ingeniería

Trabajo de Grado para Optar por el Título de:

Ingeniero Industrial

Propuesta de Optimización del Proceso de Producción de Calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, Ubicado en Santo Domingo Oeste, RD, Año 2017

Sustentantes:

Br. Stephanie Paulette Peña Santos	2014-0066
Br. Rosa Jackeline Orozco Alcántara	2014-0333
Br. Cerlin Manuel Santana Pujols	2012-1260

Asesor:

Ing. Pastor Eduardo Castillo Díaz, PhD.

Distrito Nacional

República Dominicana

15 de noviembre de 2017

RESUMEN

El Laboratorio Cris Industrial es una empresa dedicada a la elaboración de una amplia gama de productos farmacéuticos; con el objetivo de satisfacer las necesidades de sus clientes y proveer una mejor calidad de vida a los mismos.

En la actualidad, el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial presenta deficiencias en el proceso de elaboración de calcio (uno de los productos de mayor rentabilidad), debido a diversos factores; tales como: cuellos de botella en las operaciones, transportes innecesarios de materia prima y producto semi-terminado, desperdicios en las operaciones del proceso, entre otros. Los mismos, disminuyen la productividad del proceso.

Con el propósito de reducir o eliminar dichos factores se recurre al uso de herramientas, tales como: Método SLP, Mapa del Flujo de Valor (VSM), Herramienta Kaizen, Herramienta Kanban, Balanceo de Línea, entre otras.

El objetivo fundamental de este trabajo de grado es presentar una propuesta que permita la optimización del proceso de producción de calcio, basada en las herramientas mencionadas anteriormente. Además, se plantean los posibles resultados obtenidos mediante la implementación de dicha propuesta.

DEDICATORIAS

A Dios, por haberme permitido la culminación exitosa de mis estudios universitarios.

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional.

A mi familia, por impulsar mi crecimiento personal.

A mis amigos, por formar parte de esta gran etapa de mi vida.

A todos aquellos que, tanto de manera directa como indirecta, contribuyeron al logro de esta meta.

Stephanie Paulette Peña Santos

DEDICATORIAS

A Dios.

A mi familia.

A mis amigos.

Rosa Jackeline Orozco Alcántara

DEDICATORIAS

A Jehová Dios por todas las bendiciones y protección que ha brindado a mi vida.

A mis padres Amantina Pujols y Bienvenido Santana por todos los valores inculcados, ejemplo de que todo con disciplina es posible.

A mis hermanas Mabel y Yinet, espero servir de inspiración en sus vidas.

A toda mi familia por todo su apoyo incondicional, inspiración y confianza.

A mis amigos por todo su ayuda, valiosos consejos y momentos de felicidad.

A mis profesores por sus conocimientos y experiencias para culminar mi carrera profesional, en especial al profesor ing. Celso Linares.

Cerlin Manuel Santana Pujols

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por otorgarme la capacidad y fuerza de voluntad suficiente para poder cumplir uno de mis más grandes sueños: Ser ingeniera. Gracias Dios por enseñarme a creer y confiar en ti, por hacerme entender que en la vida no existen límites.

A mis padres Ivonne Santos y Gregorio Peña, por haberme apoyado incondicionalmente durante toda mi vida; por enseñarme cada uno de los valores y las virtudes que, hoy en día, me impulsan a dar lo mejor de mí. Gracias por ser dos seres humanos ejemplares, dignos de admiración.

A mi familia, por la confianza que han depositado en mí, durante toda mi vida. Gracias por brindarme su apoyo.

A mi amiga Rosa Orozco, por su amistad incondicional y por ser como una hermana durante estos cuatro años. Gracias por todas las experiencias inolvidables que compartimos juntas.

A Isidro Ortiz, por haberme acompañado durante toda esta etapa de mi vida; por tu apoyo y paciencia, sin importar las circunstancias; y, por motivarme a cumplir mis objetivos.

A Pastor Castillo, por haber asesorado de manera eficiente este trabajo de grado, por haberme enseñado gran parte de los conocimientos de Ingeniería Industrial con

los que cuento hoy en día. Además de ser un excelente profesional, usted es un ser humano ejemplar y admirable.

A mis profesores, Alvin Rodríguez, Ricardo Valdez, Trina Jesurum, Eladia Colón, Fernando López, José García, Celso Linares, Spomenka Angelov, Narciso Reyes, Facundo Hernández, por haber contribuido a mi crecimiento personal y profesional. Gracias por ser una motivación para mí. Nunca los olvidaré.

A Alicia Rodríguez, por su esfuerzo y dedicación para mi formación inicial, básica e intermedia.

A mis compañeros de trabajo, por disfrutar junto a mi cada uno de mis logros.

A la Universidad APEC, por ser una excelente casa de estudios. Gracias por haberme otorgado tantos reconocimientos; valorando mi esfuerzo y dedicación.

Al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología, por haber costado una gran parte de mis estudios universitarios.

A mis compañeros, Rosa Orozco y Cerlin Santana, por su colaboración y dedicación para la culminación de este trabajo de grado.

Stephanie Paulette Peña Santos

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero dar gracias a Dios por darme la fortaleza para luchar día tras día para salir adelante, nunca perder la fe en él y haber conocido personas estupendas en estos cuatro años.

Gracias a mi familia por haberme apoyado siempre y sentirse orgullosos de mí. A mi madre, Xiomara por siempre alentarme con sus palabras, las cuales me impulsan día tras día a ser mejor. A mis hermanos Manuel José y Engels, los cuales me han apoyado incondicionalmente, siempre han estado presente en mi vida y son un ejemplo para mí. A mis hermanas Orianny y Emely, por llenarme de alegría y contagiarme de su gracia en los momentos más difíciles de mi vida. Gracias a mis tíos por siempre estar ahí y haber depositado su confianza en que sí podía lograrlo: Fausta Emilia, Ana Antonia, Margot, Rubén, Pablo Ernesto, Elizabeth, Verónica, Modestina, Modesto, Denny, Lina y Yeimy. A mis sobrinos Jack, Ciara y Sophia. A mis madrinas Yajaira Viola y Cliseida Méndez. Los amo a todos.

A mi amiga Stephanie Peña, gracias por acompañarme en este arduo caminar, estos cuatro años contigo han sido excepcionales, he aprendido de ti muchísimas cosas y tu amistad es una de las mejores cosas que me ha regalado mi carrera.

Gracias a Ogalis Piña por siempre escucharme y apoyarme cuando más le he necesitado y a su familia por siempre alentarme y hacerme sentir digna de su orgullo.

A la universidad APEC por cederme la dicha de conocer personas maravillosas y dignas de admiración: nuestro asesor y profesor, Pastor Eduardo Castillo, quien siempre ha sido más que un profesor para mí y mis compañeros, gracias por siempre estar y ser un ejemplo para mí. Gracias al profesor Facundo Hernández Constancia por su apoyo incondicional. Profesores que han marcado mi vida, como: Eladia Nuñez Colón, Alfredo Morel, Alvin Rodríguez, Fernando López, Trina Jesurum, Ricardo Váldez, Spomenka Angelov.

A mis compañeros de tesis, Stephanie Peña Y Cerlin Santana, por todos los momentos que vivimos juntos y por haberse mantenido firmes en nuestro proceder.

Gracias a todos los que han estado y también a los que no.

Rosa Jackeline Orozco Alcántara

AGRADECIMIENTOS

A Jehová Dios por guiar mi vida y darme fuerzas para lograr esta importante meta.

A mis padres Amantina Pujols y Bienvenido Santana; por su ejemplo e inspiración y por todo el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mis hermanas Mabel y Yinet por toda su comprensión y ayuda cuando más he necesitado de ellas.

A mis abuelos Dignorah y Fidel, Josefa y Manuel por su muestra de cariño y todo el apoyo brindado.

A mi familia; tíos, primos y amigos por todos los momentos de felicidad e inspiración que me han brindado.

A mis compañeras Rosa Orozco y Stephanie Peña; por la oportunidad y confianza que han depositado en mi para desarrollar junto a ellas este trabajo de grado, también a mis compañeros de la universidad durante el proceso de mi carrera.

Al ing. Pastor Castillo, PhD por su colaboración y asesoría en el desarrollo de este trabajo de grado.

A los ingenieros Celso Linares, Alvin Rodríguez, Trina Jesurúm y Rafael Lebrón, por todos los conocimientos y experiencias brindadas, orientándome siempre a seguir adelante.

A Francisco Francisco Hernández, por estar siempre a disposición, brindarme su ayuda y colaboración.

Cerlin Manuel Santana Pujols

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	I
DEDICATORIAS	II
AGRADECIMIENTOS	V
TABLA DE CONTENIDO	XI
LISTA DE TABLAS	XXIII
LISTA DE FIGURAS	XXIV
LISTA DE ANEXOS	XXV
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
DISEÑO METODOLÓGICO	9
Metodología de Investigación	9
Tipo de Investigación.....	9

Métodos de Investigación	10
Técnicas de Investigación	11
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	12
1.1. Marco Conceptual	12
1.1.1. Proceso.....	12
1.1.2. Optimización	12
1.1.3. Productividad	12
1.1.4. Eficiencia.....	13
1.1.5. Desperdicio	13
1.1.6. Calidad.....	13
1.1.7. Mejora Continua.....	13
1.1.8. Línea de Producción	14
1.1.9. Cuello de Botella	14
1.1.10. Estudio de Tiempos	14
1.1.11. Diagrama de Flujo.....	15
1.1.12. Diagrama de Flujo de Procesos.....	15

1.1.13. ISO 9001	15
1.1.14. Técnica de los cinco porqués.....	16
1.1.15. Análisis FODA.....	16
1.1.16. Diagrama de Ishikawa.....	16
1.1.17. Diagrama de Pareto	16
1.1.18. Lista de Verificación	17
1.1.19. Diagrama de Recorridos	17
1.1.20. Diagrama de Relaciones.....	17
1.1.21. Lean Manufacturing	17
1.1.22. Herramientas Lean.....	18
1.1.23. Mapa del Flujo de Valor (VSM)	18
1.1.24. Planeación Sistemática de la Distribución (SLP)	19
1.1.25. CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning)	19
1.1.26. Balanceo de Línea	19
1.1.27. Herramienta SMED (Cambio de Matriz en un Solo Dígito de Minuto)	20
1.1.28. Herramienta Kanban	20

1.1.29. Herramienta Kaizen	20
1.1.30. Metodología 5S	21
1.1.31. Ciclo PDCA	21
1.1.32. Sistema Justo a Tiempo (JIT)	21
1.1.33. Sistema de Gestión de Calidad Total	21
1.2. Marco Referencial	22
1.2.1. Generalidades del Sector Farmacéutico	22
1.2.2. Historia y Evolución de la Industria Farmacéutica en la República Dominicana	22
1.2.3. Generalidades del Producto.....	24
1.2.4. Procesos de las Industrias Farmacéuticas.....	24
1.3. Marco Teórico.....	26
1.3.1. Generalidades de la optimización	26
1.3.2. Modelos de Optimización	26
1.3.3. Procesos	27
1.3.4. Análisis de Procesos.....	28
1.3.5. Mapa de procesos.....	30

1.3.6. Control y Mejora de Procesos.....	31
1.3.7. Análisis FODA.....	31
1.3.8. Procedimiento para la Elaboración del Análisis FODA	32
1.3.9. Técnica de los Cinco Porqués	32
1.3.10. Procedimiento para Aplicar la Técnica de los Cinco Porqués.....	33
1.3.11. Diagrama de Flujo.....	33
1.3.12. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Flujo	34
1.3.13. Diagrama de Flujo de Procesos.....	35
1.3.14. Aplicación del Diagrama de Flujo de Procesos.....	35
1.3.15. Diagrama de Ishikawa.....	36
1.3.16. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Ishikawa	37
1.3.17. Diagrama de Pareto	37
1.3.18. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Pareto.....	38
1.3.19. Estudios de Tiempos.....	39
1.3.20. Procedimiento para la Elaboración de Estudios de Tiempos	39
1.3.21. Documentación en base a la norma ISO 9001-2015	41

1.3.22. Distribución en Planta	42
1.3.23. Tipos de Distribución en Planta	43
1.3.24. Diagrama de Recorridos	44
1.3.25. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Recorridos	44
1.3.26. Diagrama de Relaciones	45
1.3.27. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Relaciones	46
1.3.28. Método SLP (Planeación Sistemática de la Distribución)	47
1.3.29. Fases para la Implementación del Método SLP	48
1.3.30. Elementos para la Aplicación del Método SLP	49
1.3.31. Procedimiento para la Elaboración del Método SLP	49
1.3.32. CORELAP	51
1.3.33. Procedimiento para la Implementación del Método CORELAP	51
1.3.34. Lean manufacturing: Antecedentes	52
1.3.35. Tipos de Desperdicios	53
1.3.36. Mapa del Flujo de Valor (VSM)	55
1.3.37. Metodología 5S	56

1.3.38. Pasos para la Implementación de la Metodología 5S	56
1.3.39. Kaizen	58
1.3.40. Procedimiento para la Aplicación de la Herramienta Kaizen.....	59
1.3.41. Herramienta Kanban	60
1.3.42. Pasos para la Implementación de Kanban.....	61
1.3.43. Herramienta SMED	62
1.3.44. Procedimiento para la Aplicación de SMED.....	63
1.3.45. Sistema JIT (Justo a Tiempo)	64
1.3.46. Aplicación de JIT	65
1.3.47. Balanceo de Línea	65
1.3.48. Procedimiento para la Ejecución del Balanceo de Línea	65
1.3.49. Ciclo PDCA	67
1.3.50. Procedimiento para la Aplicación del ciclo PDCA	68
 CAPÍTULO II. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	 70
2.1. Descripción de la Empresa.....	70
2.2. Ubicación Geográfica	70

2.3. Misión	71
2.4. Visión.....	71
2.5. Valores	72
2.6. Cultura.....	72
2.7. Organigrama de la Empresa.....	73
2.8. Productos Elaborados por la Empresa	73
2.9. Presentaciones de los Productos	75
2.10. Materias Primas del Calcio	75
2.11. Proceso de Manufactura.....	76
2.12. Descripción del Proceso de Producción de Calcio Granulado.....	76
2.13. Descripción del Proceso de Producción de Calcio en Polvo	78
2.14. Esquema de los Elementos del Proceso de Elaboración de Calcio Granulado	78
2.15. Esquema de los Elementos del Proceso de Elaboración de Calcio en Polvo	79
2.16. Situación Actual del Proceso de Elaboración de Calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial.....	80

2.16.1. Carencia de la Documentación Adecuada de los Procesos.....	81
2.16.2. Cuellos de Botella en las Operaciones	81
2.16.3. Transportes Innecesarios de Materia Prima y Producto Semi-terminado	82
2.16.4. Falta de Capacitación de los Operarios	83
2.16.5. Materia Prima Inapropiada.....	83
2.16.6. Desperdicios en las Operaciones del Proceso.....	84
2.16.7. Falta de Planificación de la Producción	84
2.16.8. Inexistencia de Indicadores.....	84
2.16.9. Deficiencias en el Mantenimiento de las Maquinarias.....	85
2.17. Herramientas de Análisis.....	85
2.17.1. Encuestas y Entrevistas.....	85
2.17.2. Diagrama de Ishikawa.....	87
CAPÍTULO III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	92
3.1. Estudio de Tiempos.....	92
3.2. Análisis de la Productividad.....	94
3.3. Distribución Actual de la Planta	95

4.3. Balanceo de la Línea de Producción	114
4.3.1. Tiempo Estándar basado en la Propuesta de Distribución de Planta y Balanceo de Línea	118
4.4. Análisis de Productividad basado en la Propuesta de Distribución de Planta y Balanceo de Línea.....	119
4.5. Aplicación de Herramienta Kanban en el Proceso de Producción de Calcio	120
4.5.1. Capacitación del Personal Acerca de la Filosofía Kanban.....	120
4.5.2. Recolección de la información necesaria para aplicar Kanban.....	121
4.5.3. Diseño del Sistema Kanban.....	122
4.5.4. Control de Inventarios.....	122
4.5.5. Tarjetas Kanban.....	124
4.6. VSM Propuesto del Laboratorio Cris Industrial.....	126
4.7. Propuesta de Sistema de Mejora Continua (Kaizen) en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial.....	127
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES	132
BIBLIOGRAFÍA	133

ANEXOS 140

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Simbología para Diagrama de Flujo.....	34
Tabla 2. Simbología empleada en el diagrama de recorridos.....	45
Tabla 3. Códigos empleados para determinar la importancia de cercanía entre áreas.....	46
Tabla 4. Pilares del Ciclo PDCA.....	69
Tabla 5. Tolerancia para el Estudio de Tiempo del Proceso de Elaboración de Calcio Granulado.....	93
Tabla 6. Cantidades Producidas por cada Presentación.....	98
Tabla 7. Cantidades Producidas por Cada Proceso.....	99
Tabla 8. Valoraciones de proximidad.....	105
Tabla 9. Productividad actual versus productividad basada en la propuesta.....	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Procesos.	30
Figura 2. Conjunto de Símbolos de Diagrama de Proceso de Acuerdo con el Estándar ASME.....	36
Figura 3. Tabla relacional de actividades.....	47
Figura 4. Ciclo PDCA.	67
Figura 5. Ubicación geográfica del Laboratorio Cris Industrial.....	71
Figura 6. Esquema de los elementos del Proceso de Elaboración de Calcio Granulado.	79
Figura 7. Esquema de los elementos del Proceso de Elaboración de Calcio en Polvo.	80
Figura 8. Diagrama de Pareto para el Análisis Producto-Cantidad.....	99
Figura 9. Histograma para el análisis Producto-Cantidad considerando dos categorías.	100

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento para la Elaboración del Método SLP.....	141
Anexo 2. Organigrama actual de la empresa.....	142
Anexo 3. Gama de Productos del Laboratorio Cris Industrial.....	143
Anexo 4. Leche de magnesia (laxante).....	144
Anexo 5. Jarabe Hernanvit (antigripales).....	144
Anexo 6. Calcio Cris (suplementos de calcio).....	145
Anexo 7. Extracto de malta Cris (suplementos de calcio).....	145
Anexo 8. Jarabe de Pino Blanco Cris (antigripales).....	146
Anexo 9. Jarabe de Pino Blanco Cris (antigripales).....	146
Anexo 10. Jarabe de Pino Blanco Cris (antigripales).....	147
Anexo 11. Calcio Cris (calcio en polvo).....	147
Anexo 12. Diagrama de Flujo de Procesos: Calcio Granulado.	148
Anexo 13. Diagrama de Flujo de Procesos: Calcio en Polvo.	151
Anexo 14. Formato y resultados de encuesta cerrada.....	154
Anexo 15. Diagrama de Ishikawa.....	171

Anexo 16. Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración de Calcio Granulado.	172
Anexo 17. Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración de Calcio en Polvo. .	173
Anexo 18. Estudio de Tiempos del Proceso de Producción de Calcio Granulado.	174
Anexo 19. Distribución actual del Laboratorio Cris Industrial.	175
Anexo 20. VSM actual del Laboratorio Cris Industrial.	176
Anexo 21. Diagrama de Recorridos: Calcio Granulado.....	177
Anexo 22. Diagrama de recorridos: Calcio en polvo.	178
Anexo 23. Tabla relacional de actividades aplicada al Laboratorio Cris Industrial.	179
Anexo 24. Relación de cercanía entre los centros de actividades.	180
Anexo 25. Diagrama de Relaciones entre los Centros de Actividad del Laboratorio Cris Industrial.	181
Anexo 26. Tabla relacional de actividades, contemplando nuevas áreas.	182
Anexo 27. Diagrama de relaciones contemplando áreas adicionales.	183
Anexo 28. Comparación entre las dimensiones actuales y las propuestas.....	184
Anexo 29. Áreas planteadas para cada alternativa.....	185

Anexo 30. Planteamiento de alternativa 1. Parte 1.	186
Anexo 31. Planteamiento de alternativa 1. Parte 2.	187
Anexo 32. Planteamiento de alternativa 2. Parte 1.	188
Anexo 33. Planteamiento de alternativa 2. Parte 2.	189
Anexo 34. Ordenación de las áreas por importancia para la alternativa 1. Parte 1.	190
Anexo 35. Ordenación de los departamentos por importancia para la alternativa 1. Parte 2.	191
Anexo 36. Ordenación de las áreas por importancia para la alternativa 2. Parte 1.	192
Anexo 37. Ordenación de las áreas por importancia para la alternativa 2. Parte 2.	193
Anexo 38. Iteraciones para la alternativa 1.	194
Anexo 39. Iteraciones para alternativa 2.	195
Anexo 40. Distribución adecuada para la alternativa 1.	196
Anexo 41. Distribución adecuada para la alternativa 2.	197
Anexo 42. Documentación del proceso de producción de calcio	198
Anexo 43. Propuesta de Distribución de Planta del Laboratorio Cris Industrial. .	215

Anexo 44. Diagrama de recorridos basado en la propuesta de distribución de planta (proceso de producción de calcio granulado).	216
Anexo 45. Diagrama de recorridos basado en la propuesta de distribución de planta (proceso de producción de calcio en polvo).	217
Anexo 46. Comparación de distancia actual versus distancia con la propuesta de distribución (Proceso de Producción de Calcio Granulado).	218
Anexo 47. Comparación de distancia actual versus distancia con la propuesta de distribución (Proceso de Producción de Calcio en Polvo).	219
Anexo 48. Comparación de tiempo estándar actual versus tiempo estándar con propuesta de distribución.	220
Anexo 49. Balanceo de la Línea de Producción de Calcio Granulado.	221
Anexo 50. Tiempo estándar actual versus tiempo estándar con propuesta de distribución y balanceo de línea.	222
Anexo 51. Kanban de Producción.	223
Anexo 52. Kanban de Transporte.	223
Anexo 53. VSM Propuesto del Laboratorio Cris Industrial.	224
Anexo 54. Reporte de implementación de Kaizen.	225
Anexo 55. Anteproyecto de Trabajo de Grado.	227

INTRODUCCIÓN

La competitividad del mercado ocasiona que la mayoría de las empresas se mantengan en constante cambio; pues, necesitan eliminar de sus procesos aquellos elementos que generan costos innecesarios e interfieren con el buen desenvolvimiento de sus operaciones. Con el propósito de determinar aquellos elementos que disminuyen la productividad en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, surgió la necesidad de realizar una evaluación de la situación actual del mismo.

El Laboratorio Cris Industrial es una empresa manufacturera dedicada a la elaboración de productos farmacéuticos; los cuales, tienen como finalidad mitigar los efectos de ciertas enfermedades, así como prevenir la aparición de las mismas.

Luego de analizar los diferentes productos del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, se determinó que el producto de mayor impacto para el mismo es el suplemento de calcio; pues, es el que posee mayor volumen de ventas (garantiza la rentabilidad económica de dicho laboratorio). Además, se determinó que, a pesar de ser el producto más importante, es el que posee mayores oportunidades de mejora.

El trabajo de grado presentado a continuación, tiene como objetivo fundamental la optimización del proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial; pues, dicho proceso presenta deficiencias en sus operaciones debido a diversos factores; entre los cuales se encuentran: inexistencia de trabajos

estandarizados (documentación de procesos), distancias innecesarias entre una operación y otra, distribución ineficiente de la planta (afectando directamente el flujo de materiales), entre otros factores.

Para determinar cada uno de los factores mencionados anteriormente, se emplearon herramientas de recolección, análisis e interpretación de datos; tales como: técnica de los cinco porqués, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, diagrama de flujo. Estas herramientas permiten determinar las causas fundamentales de las problemáticas dentro del proceso de producción de calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial; con la finalidad de emplear otras herramientas para erradicarlas o mitigar sus efectos.

Existen herramientas cuyo objetivo es disminuir o eliminar los desperdicios: operaciones o actividades que no agregan valor al producto o que no contribuyen a la satisfacción de las necesidades de los clientes; entre las cuales, cabe destacar las herramientas Lean (por ejemplo: Kaizen, VSM, Kanban), las técnicas de distribución de planta, entre otras.

Aplicar dentro del proceso de producción de calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial cada una de las herramientas mencionadas anteriormente, permitirá la mejora continua del mismo, incrementando la calidad del producto y reduciendo los costos asociados; cumpliendo así con el objetivo fundamental de este trabajo de grado: realizar una propuesta de optimización del proceso de producción de calcio que sea factible para dicho laboratorio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La optimización de procesos consiste en la mejora continua de cada una de las operaciones necesarias para la elaboración de un producto determinado. Para llevar a cabo dicha optimización se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: porcentaje de productos terminados que presentan no conformidad, cantidad de desperdicios desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado, el tiempo improductivo de las diferentes maquinarias y del personal.

Debido a diversos factores, el proceso de producción de calcio dentro del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial es deficiente; por lo tanto, no aprovecha al máximo su capacidad productiva. Dentro de dichos factores se encuentran los siguientes: la inexistencia de un plan que permita la mejora continua del proceso; la documentación inadecuada de los procedimientos, políticas y normas para la elaboración de calcio; y, la presencia de cuellos de botella en diferentes etapas del proceso de transformación de la materia prima en producto terminado.

También, existen demoras en el transporte de la materia prima necesaria para la fabricación de calcio (manejo ineficiente de materiales); lo cual, ocasiona pérdidas de tiempo, ralentizando así el proceso.

El origen de algunos de los factores mencionados anteriormente está directamente relacionado con una mala distribución de planta; pues, existen distancias innecesarias entre una operación y otra. Además, no cuentan con una

línea de producción que abarque el proceso completo y que permita el flujo continuo y secuencial por cada una de las etapas.

La deficiencia en el proceso de producción de calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial genera desperdicios; los cuales, disminuyen la productividad y afectan directamente la rentabilidad de dicho laboratorio. Es por esto que surge la necesidad de optimizar el proceso de producción de calcio, con el fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos; incrementando tanto las utilidades como la calidad del producto.

JUSTIFICACIÓN

El objetivo principal de los procesos productivos es transformar materias primas en productos terminados, capaces de satisfacer los requerimientos y necesidades de los clientes; por lo tanto, es importante determinar las variables que afectan la productividad; con el fin de erradicarlas o mitigarlas para cumplir con los objetivos.

Un proceso productivo deficiente genera desperdicios, pérdidas de tiempo y recursos económicos; lo cual, ocurre en el proceso de producción de calcio en el laboratorio Farmacéutico Cris Industrial. Es por esto que, la optimización del mismo es de gran importancia para contribuir con la rentabilidad económica y estabilidad de dicha empresa. La optimización contribuirá, de manera directa, a la eliminación o disminución de errores en el proceso productivo de calcio.

Mediante esta investigación se pretende determinar las diferentes problemáticas dentro del proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, para establecer la solución más factible que permita lograr la optimización de dicho proceso; disminuyendo los tiempos improductivos, así como las actividades que no agregan valor al producto, reduciendo o eliminando los costos innecesarios de producción.

A su vez, la optimización del proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial contribuirá con el incremento de la productividad; aumentando así las utilidades y ofreciendo a los clientes productos de calidad.

“La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos” (Gutiérrez, 2010, p. 21).

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta para optimizar el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, para identificar los elementos negativos o las fuentes de desperdicio.
2. Emplear herramientas estadísticas (técnica de los cinco porqués, diagrama de Ishikawa, listas de verificación, diagrama de flujo), con la finalidad de determinar con precisión las problemáticas dentro del proceso de producción de calcio.
3. Proponer la documentación del proceso de producción de calcio mediante el uso de los requisitos de la norma ISO 9001-2015.
4. Identificar las actividades que no agregan valor al proceso de producción de calcio, mediante el uso de la herramienta VSM (Mapa del Flujo de Valor).
5. Aplicar técnicas y herramientas de distribución de planta, como el método SLP (Planeación Sistemática de la Distribución), para optimizar el proceso de producción de calcio.
6. Proponer el diseño de una línea de producción que permita el flujo continuo de los materiales, mediante el balanceo de la misma (Balanceo de Línea).

7. Aplicar la herramienta Kanban, con la finalidad de adaptar la producción a la demanda, reduciendo así los niveles de inventario y desperdicios.
8. Establecer un sistema que permita la mejora continua del proceso de producción de calcio, mediante la aplicación de la herramienta Kaizen.

DISEÑO METODOLÓGICO

Metodología de Investigación

Este estudio tiene un diseño transversal; pues, se observa y describe el proceso de producción de calcio en el laboratorio Cris Industrial, estudiando de esa manera los cambios y variaciones en el mismo; con la finalidad de determinar los diversos factores que afectan la productividad.

A su vez, esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se presentan datos numéricos que permiten el análisis de las variables en el proceso de producción de calcio; tales como: tiempos de ejecución de las operaciones y distancias recorridas en el proceso.

Este estudio es de tipo no experimental; pues, se analiza el proceso de producción de calcio, tal y como ocurre de manera natural; es decir, sin ningún tipo de intervención directa sobre las variables involucradas en dicho proceso.

Tipo de Investigación

El tipo de investigación es descriptivo; pues, se identifican las diferentes características del proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial.

Métodos de Investigación

Los métodos que se utilizan en esta investigación son los siguientes:

- **Observación:**

Este método es empleado para recopilar las informaciones relacionadas directamente con el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial; con el objetivo de determinar las problemáticas que afectan la productividad. Se observan las variables que generan pérdidas de tiempo, distancias innecesarias, productos terminados que presentan no conformidad, entre otros desperdicios; mediante el uso de herramientas como estudio de tiempos, método de Planeación Sistemática de la Distribución (SLP), algunas herramientas Lean, entre otras.

- **Síntesis:**

En esta investigación, se utiliza este método para reunir los elementos o problemáticas que afectan el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, para analizar su naturaleza y comportamiento; y así, identificar los rasgos que caracterizan dichas problemáticas. Además, organizar la información obtenida y sintetizarla.

- **Deductivo:**

Este método se usa en esta investigación, con el objetivo de identificar las posibles ventajas que se pretenden obtener de la misma.

Técnicas de Investigación

Las técnicas que se utilizan para la recolección de los datos necesarios para el desarrollo de esta investigación son las siguientes:

- Entrevistas.
- Encuestas.
- Referencias bibliográficas.
- Revisión de archivos.
- Grabaciones en video.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Marco Conceptual

1.1.1. Proceso

Un proceso es una serie de pasos, ordenados lógicamente, cuyo propósito es transformar entradas en salidas con valor agregado, para alcanzar los objetivos planteados.

1.1.2. Optimización

“Optimizar algo es conseguir los máximos objetivos con el mínimo esfuerzo” (Lozano, 2002, p. 31). De manera más específica, se puede definir la optimización como la implementación de mejoras en los procesos, que permitan el uso eficiente de los recursos asignados a una actividad determinada; con el propósito de maximizar ganancias y reducir costos, sin comprometer la calidad.

1.1.3. Productividad

El término productividad “tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o en un sistema” (Gutiérrez, 2010, p. 21). La productividad se define como el cociente entre la cantidad de productos obtenidos en un determinado sistema productivo y todos los recursos utilizados (materiales, maquinarias, energía, personas) para obtener la producción deseada.

1.1.4. Eficiencia

“Consiste en la medición de los esfuerzos requeridos para alcanzar los objetivos. El costo, el tiempo, el uso adecuado de factores materiales y humanos, cumplir con la calidad propuesta constituyen elementos inherentes a la eficiencia” (Fleitman, 2008, p. 98).

1.1.5. Desperdicio

Es el despilfarro de recursos; tales como: maquinarias, materiales, recursos humanos y tiempo; los cuales, pudieran emplearse de manera productiva en otra actividad. “Cualquier cosa o actividad que genera costos pero que no agrega valor al producto se considera un desperdicio o muda” (Gutiérrez, 2010, p. 96).

1.1.6. Calidad

“La calidad la define el cliente, ya que es el juicio que éste tiene sobre un producto o servicio que por lo general es la aceptación o rechazo” (Gutiérrez, 2010, p. 20). En otras palabras, la calidad puede ser definida como la serie de características que diferencian a un producto o servicio de otro de su misma especie.

1.1.7. Mejora Continua

Es una filosofía que involucra toda la organización y pretende el logro de cambios incrementales en cuanto a los procedimientos y técnicas utilizados para el desempeño de una actividad en específico; con el fin de mejorar la calidad de un producto, proceso o servicio. Gutiérrez (2010) afirma que:

La mejora continua es consecuencia de una forma ordenada de administrar y mejorar los procesos, identificando causas o restricciones, estableciendo nuevas ideas y proyectos de mejora, llevando a cabo planes, estudiando y aprendiendo de los resultados obtenidos y estandarizando los efectos positivos para proyectar y controlar el nuevo nivel de desempeño. (p. 66)

1.1.8. Línea de Producción

Se define como una manera de organizar un determinado proceso de fabricación; por medio de un conjunto de actividades u operaciones colocadas de manera secuencial; donde se le atribuye a cada trabajador una operación específica y especializada para la fabricación de un producto, siguiendo un ritmo controlado de trabajo.

1.1.9. Cuello de Botella

“Se llama cuello de botella la operación que tiene la capacidad efectiva más baja entre todas las de la instalación y que, por lo tanto, limita la salida de productos del sistema” (Krajewski & Ritzman, 2000, p. 304). Cabe destacar que, la capacidad efectiva se define como lo que se debería producir bajo condiciones reales, considerando los desperdicios habituales dentro de cualquier proceso.

1.1.10. Estudio de Tiempos

Es una herramienta que tiene como finalidad determinar el tiempo estándar para ejecutar una tarea, bajo condiciones normales. El estudio de tiempos también

permite determinar los cuellos de botella en las operaciones, con el fin de eliminar los mismos del proceso; obteniendo así, un incremento en la productividad.

1.1.11. Diagrama de Flujo

“Es un modo de representar (...) la secuencia de pasos que se realizan para obtener un determinado resultado, así como las relaciones entre las diferentes actividades que lo componen a través de un conjunto de símbolos” (Miranda, Chamarro, & Rubio, 2007, p. 76).

1.1.12. Diagrama de Flujo de Procesos

“Es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, incluidos transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de reproceso” (Gutiérrez, 2010, p. 199). Se define como una representación gráfica de un determinado proceso; en el cual, se visualizan, de manera secuencial, cada una de las etapas del mismo.

1.1.13. ISO 9001

Es una norma internacional cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de los clientes, proveyendo productos y/o servicios que cumplan con las más altas exigencias (internas o externas). Esta norma se enfoca en cada uno de los elementos de la gestión de la calidad con los que debe contar una empresa o institución.

1.1.14. Técnica de los cinco porqués

"Es una técnica que permite llegar a la raíz de un problema de forma rápida y directa" (Gasca & Zaragoza, 2014). Es una herramienta empleada con el objetivo de determinar la causa raíz de un problema en específico, con la finalidad de erradicar la misma. Dicha herramienta, facilita el proceso de toma de decisiones.

1.1.15. Análisis FODA

"Es un instrumento de planificación estratégica que puede utilizarse para identificar y evaluar las fortalezas y debilidades de la organización (factores internos), así como las oportunidades y amenazas (factores externos)" (FAO, 2007, p. 139). El análisis FODA (cuyas siglas significan: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una técnica que permite presentar de manera objetiva el panorama de la situación actual de una empresa determinada.

1.1.16. Diagrama de Ishikawa

"Es un método gráfico mediante el cual se representa y analiza la relación entre un efecto (problema) y sus posibles causas" (Gutiérrez, 2010, p. 192). El diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado es una de las herramientas más empleadas para determinar la causa raíz de un problema determinado.

1.1.17. Diagrama de Pareto

"Es un gráfico especial de barras, cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos; cuyo objetivo es ayudar a localizar los problemas vitales, así

como sus causas más importantes” (Gutiérrez, 2010, p. 179). El diagrama de Pareto es una herramienta que facilita la determinación de las causas principales de un problema (enfocándose en ellas), con la finalidad de erradicar o mitigar los efectos del mismo.

1.1.18. Lista de Verificación

“Es un formato creado para recolectar datos, de tal forma que su registro sea sencillo y sistemático” (Gutiérrez, 2010, p. 188). La lista de verificación (también conocida como hoja de inspección) es una herramienta que posee un formato predeterminado para recolectar y posteriormente, registrar información.

1.1.19. Diagrama de Recorridos

Es un diagrama en el que se contemplan las distribuciones de cada una de las actividades de un determinado proceso; así como el flujo de los diferentes materiales, trabajadores o equipos a través de éstas.

1.1.20. Diagrama de Relaciones

Es una herramienta, mediante la cual se representan las conexiones entre las diferentes áreas o actividades de una empresa determinada.

1.1.21. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta) “es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación -personas, materiales, máquinas y métodos- que persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación

constante del despilfarro” (Rajadell & Sánchez, 2013, p. 8). Lean Manufacturing comprende la reducción o eliminación del desperdicio en cualquier área o actividad ejecutada dentro de una empresa determinada. Mediante la aplicación de este modelo, se busca lograr la eficiencia total de los procesos; reduciendo al mínimo la cantidad de recursos empleados u obteniendo mejores resultados con los mismos recursos.

1.1.22. Herramientas Lean

Se definen como un conjunto de técnicas cuyo objetivo es eliminar o reducir las operaciones que no agregan ningún valor al producto final (o servicio).

1.1.23. Mapa del Flujo de Valor (VSM)

Es una herramienta que permite visualizar, gráficamente, el flujo de materiales e informaciones dentro de las operaciones de un proceso. El objetivo de esta herramienta es identificar aquellas operaciones que no agregan valor al producto, con la finalidad de tomar las medidas pertinentes para eliminarlas; logrando así, un proceso más eficiente. Rajadell & Sánchez (2011) afirman que:

“Se trata de plasmar en un papel (...) todas aquellas actividades que se realizan actualmente para obtener un producto, para identificar así cuál es la cadena de valor (actividades necesarias para transformar materiales e información en un producto terminado o en un servicio”. (p. 34)

1.1.24. Planeación Sistemática de la Distribución (SLP)

“Forma jerarquizada de realizar la planificación de una distribución en planta, constituida por seis fases estructuradas (...) que permiten identificar, evaluar y visualizar los elementos y las áreas involucradas en la planificación de la mejor ubicación en base multicriterio” (Cabrera, 2012, p. 189).

1.1.25. CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning)

Es un software empleado para mejorar la distribución de planta. El mismo, convierte información cualitativa en cuantitativa, con el fin de establecer la distribución de la planta en base a la necesidad de cercanía entre las áreas de una empresa determinada.

1.1.26. Balanceo de Línea

Es una herramienta empleada para garantizar la existencia de la misma carga de trabajo en cada una de las etapas de un proceso determinado. La finalidad de la misma es equilibrar el tiempo de duración de una actividad u operación, para permitir el flujo continuo de materiales durante el proceso. “El balanceo de línea casi siempre se realiza para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal mientras se cumple con la producción requerida” (Heizer & Render, 2004, p. 348).

1.1.27. Herramienta SMED (Cambio de Matriz en un Solo Dígito de Minuto)

SMED (Single Minute Exchange of Die) es una herramienta Lean, cuyo objetivo fundamental es reducir los tiempos empleados en el cambio de herramientas, obteniendo así mejoras en la productividad.

1.1.28. Herramienta Kanban

Es una herramienta Lean, cuyo objetivo es adaptar la producción a la demanda, reduciendo así los niveles de inventario y desperdicios. Rajadell & Sánchez (2011) afirman que:

Es un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (...), que consiste en que cada proceso retira conjuntos que necesita de los procesos anteriores, y estos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y estos con la línea de montaje final. (p. 96)

1.1.29. Herramienta Kaizen

Es un sistema de gestión, cuyo objetivo es la mejora continua de los procesos dentro de una empresa determinada. “El elemento principal de Kaizen es la gente involucrada en el proceso de mejora. Kaizen incluye a todos los niveles de la organización y requiere de la participación de todos los empleados (...)” (Meyers & Stephens, 2006, p. 4).

1.1.30. Metodología 5S

“Programa de trabajo que consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza y detección de anomalías en puestos de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de personas, equipos y la productividad” (Sacristán, 2005, p. 17).

1.1.31. Ciclo PDCA

Es una herramienta de mejora continua, cuyo objetivo es: aplicar, en los procesos de fabricación de un producto determinado o de prestación de un servicio, cuatro conceptos fundamentales: planificar, hacer, verificar y actuar (PDCA, por sus siglas en inglés); con la finalidad de mejorar la calidad, reducir los costos, disminuir la ocurrencia de errores, solucionar problemas que afecten la eficiencia de los procesos, prevenir y controlar la variabilidad de los mismos.

1.1.32. Sistema Justo a Tiempo (JIT)

“Sistema de administración y control de inventarios; en el cual, los inventarios se adquieren e insertan en la producción en el momento preciso en que son requeridos” (Van & Wachowicz, 2002, p. 276).

1.1.33. Sistema de Gestión de Calidad Total

“Los sistemas de gestión de la calidad basan toda su estrategia en la implantación de una verdadera cultura de la calidad en todas las áreas de la organización. Esto

solo es posible con la implicación total de todas las personas que integran la empresa, desde la alta dirección hasta los empleados” (Alcalde, 2007, p. 45).

1.2. Marco Referencial

1.2.1. Generalidades del Sector Farmacéutico

La industria farmacéutica es aquella que se dedica a la transformación de materias primas en medicamentos capaces de prevenir y curar numerosas enfermedades. La misma, se mantiene en constante cambio; pues, debido a la naturaleza de sus procesos, es necesario el uso de normas y procedimientos actualizados que garanticen la calidad de sus productos.

1.2.2. Historia y Evolución de la Industria Farmacéutica en la República Dominicana

Desde sus inicios, el ser humano ha tenido interés en la obtención de sustancias capaces de prevenir o curar diversas enfermedades; las cuales, por lo general, se extraían de diversas plantas que, en su mayoría, hoy en día siguen empleándose en sustitución de los medicamentos tradicionales.

La Industria Farmacéutica en la República Dominicana se fortaleció en el año 1953. Para ese entonces, el país no contaba con los recursos tecnológicos y económicos necesarios para dominar el mercado local de medicamentos; el cual, en su mayoría, solo contemplaba medicamentos importados. En ese mismo año, se

fundó en el país la empresa público-privada “LABOQUIDOM” (Laboratorio Químico Dominicano), entidad dedicada a la fabricación y comercialización de productos farmacéuticos.

El sector farmacéutico en la República Dominicana siguió evolucionando en el año 1970, con la instalación de nuevos laboratorios basados en normas internacionales; las cuales, mejoraron la calidad de los productos que se consumían en esa época. El surgimiento de nuevos laboratorios incrementó el nivel de participación y competitividad en el mercado de los productos farmacéuticos. El origen de los mismos fue impulsado por la promulgación de la ley 299, en el año 1968. Dicha ley constituía un incentivo a las industrias locales mediante la generación de impuestos a los productos importados y la exoneración de los mismos en las materias primas empleadas en la elaboración de productos a nivel nacional.

Algunos de los primeros laboratorios farmacéuticos que surgieron en la República Dominicana, son los siguientes: San Luis, Dr. Collado, Ethical, Acromax Dominicana, Feltrex, entre otros. Cada uno de estos laboratorios tuvo que enfrentar el difícil reto de demostrar su capacidad de producir medicamentos confiables y con la calidad esperada por consumidores exigentes.

Debido al incremento en la capacidad productiva de los laboratorios farmacéuticos del país, las ventas de sus productos se han extendido a nivel internacional, abarcando diversos países de Centroamérica y Sudamérica;

ofreciendo productos de alta calidad, capaces de competir con cualquier otra empresa de la misma índole.

1.2.3. Generalidades del Producto

El calcio es uno de los minerales más importantes para el cuerpo humano. El mismo, contribuye a la formación y protección de los huesos y los dientes. Las personas que incluyen en su dieta niveles apropiados de calcio poseen una menor probabilidad de padecer osteoporosis.

El calcio se encuentra en una gran gama de alimentos; tales como: hortalizas de hojas verdes, leche y todos sus derivados, frutos secos, entre otros. No obstante, tanto adultos como niños requieren del consumo de suplementos de calcio, con el objetivo de mitigar el debilitamiento de los huesos.

Por su parte, los suplementos de calcio son aquellos que se aplican cuando un niño o adulto, no obtiene de su dieta diaria los niveles de calcio requeridos o, cuando sus requerimientos de este mineral son mayores a los niveles normales o habituales.

1.2.4. Procesos de las Industrias Farmacéuticas

El proceso de elaboración de productos farmacéuticos tiene como objetivo fundamental ofrecer productos de alta calidad que garanticen a sus consumidores propiedades curativas y preventivas. También, las industrias farmacéuticas son las

responsables de garantizar la trazabilidad de los productos, con el fin de verificar si los mismos se encuentran en condiciones adecuadas para su consumo.

El costo total de los productos está directamente relacionado con su sistema productivo, así como con los mecanismos de control empleados para garantizar la calidad de los mismos. Uno de los grandes retos de las industrias farmacéuticas es la reducción de costos mediante la optimización y la mejora de procesos; de manera que, se reduzcan al mínimo las pérdidas.

Hoy en día una de las mayores responsabilidades de las industrias farmacéuticas es mantener un sistema de control eficiente; pues, es de vital importancia asegurar la calidad del producto terminado mediante inspecciones frecuentes de los procesos productivos. Para mantener un control se establecen parámetros y, en base a estos, se toman las medidas pertinentes, en caso de que los procesos no cumplan con dichos parámetros.

En la actualidad, algunas empresas están recurriendo a la implementación de las herramientas Lean; con la finalidad de obtener un sistema de producción óptimo, mediante la eliminación de los desperdicios. El objetivo de esto es incrementar la productividad mediante el manejo eficiente de los recursos disponibles, con el fin de reducir los costos asociados, impactando directamente, tanto la calidad como el precio del producto.

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Generalidades de la optimización

Figuera (2006) afirma que:

La palabra optimización utilizada en sentido estricto se refiere simultáneamente a la optimización de la media y a la reducción de la variación. Para poder proceder a ajustar las medias y la variación es necesario comprender cuales son las causas que pueden introducir desajustes o incrementar la variabilidad (...).

(p. 31)

En la optimización de procesos industriales son utilizadas herramientas que ayudan a reducir costos, mejorar la calidad de los productos y el desempeño de los procesos.

1.3.2. Modelos de Optimización

“Los modelos de optimización se fundamentan en procedimientos matemáticos precisos para evaluar alternativas y garantizan que se habrá encontrado la solución óptima (la mejor alternativa) al problema según se propuso en forma matemática” (Ballou, 2004, p. 647).

Mediante estas herramientas es posible determinar que la solución obtenida es la ideal. La mayoría de los modelos de investigación de operaciones incluyen programación matemática (programación lineal, no lineal, dinámica o entera).

Algunas ventajas de los modelos de optimización son las siguientes:

- El usuario tendrá garantizada la mejor solución posible dentro de un conjunto de soluciones.
- Permiten la evaluación de todas las alternativas, lo que garantiza un análisis eficiente.

Uno de los modelos más importantes es el modelo de Programación Lineal; el cual: “Se refiere a varias técnicas matemáticas utilizadas para asignar, en forma óptima, los recursos limitados a distintas demandas que compiten por ellos” (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, p. 37).

1.3.3. Procesos

La eficacia y eficiencia de las empresas dependen directamente del funcionamiento de sus procesos; pues, cada uno de ellos se encuentran interrelacionados entre sí, enfocándose en el cumplimiento de los objetivos fundamentales de la organización.

Existen dos tipos de procesos; los cuales, son los siguientes:

- **Procesos de servicios.** Son aquellos cuyos productos se consideran intangibles. “(...) Los productos de los procesos de servicio no pueden mantenerse en un inventario de bienes terminados para aislar el proceso de la demanda errática de los clientes” (Krajewski, Malhotra, & Ritzman, 2008, pág. 8).
- **Procesos de manufactura.** Son aquellos que transforman insumos (modificando sus propiedades físicas o químicas, dimensiones, entre otros)

en productos tangibles. Dichos procesos tienden a no tener contacto directo con los clientes. “Los productos de los procesos manufactureros pueden producirse, almacenarse y transportarse en previsión de la demanda futura” (Krajewski, Malhotra, & Ritzman, 2008, pág. 8).

1.3.4. Análisis de Procesos

“Se refiere a la aplicación de métodos científicos, al reconocimiento y definición de problemas, así como el desarrollo de procedimientos para su solución” (Mautner & Bischoff, 2004, p. 2). En otras palabras, significa:

- Representar en términos matemáticos el problema o situación real.
- Analizar detalladamente la situación, para obtener modelos matemáticos.
- Sintetizar y presentar los resultados, con el objetivo de asegurar la máxima comprensión del problema o situación.

Un análisis de procesos está constituido por una exploración general de los mismos, incluyendo los aspectos económicos relacionados con estos. Los costos generados en un determinado proceso comprenden una pieza fundamental al momento de tomar decisiones y elegir modelos. A partir de los costos de un proceso, se pueden realizar análisis exhaustivos de los beneficios que ofrecen cada una de las alternativas que se proponen en la solución de un problema.

Para la correcta planificación, evaluación y control de un determinado proceso, es fundamental conocer el mismo, así como también los aspectos que componen su funcionamiento.

Una manera práctica de conocer el funcionamiento de un proceso y lograr un análisis efectivo del mismo es: “Construir una réplica real, a pequeña escala, del proceso y efectuar cambios en las variables de entrada mientras se observa el funcionamiento del proceso” (Mautner & Bischoff, 2004, p. 6).

Por otro lado, en términos económicos, resulta más conveniente la construcción de modelos matemáticos del proceso; los cuales, son representaciones conceptuales acerca del mismo.

Para el análisis de procesos, existe un conjunto de técnicas organizadas de manera secuencial. Las mismas, se muestran a continuación:

1. Planteamiento del problema; con el fin de delimitar y establecer los objetivos.
2. Previa inspección del proceso y clasificación del mismo (descomposición del proceso en elementos).
3. Determinación preliminar de la relación existente entre cada uno de los elementos del proceso.
4. Examinar cada una de las variables del proceso, así como sus relaciones.
5. Crear un sistema matemático (si aplica) de las relaciones en función de variables y parámetros. Se describen de manera conceptual aquellos elementos que no se pueden representar mediante un modelo matemático.
6. Evaluar (según juicio personal) el apego del modelo con el proceso real.
7. Aplicar e interpretar el modelo, con el fin de comprender los resultados.

1.3.5. Mapa de procesos

Es la representación gráfica de los procesos; en la cual, se clasifican los procesos en función del grado de importancia dentro de una organización determinada.

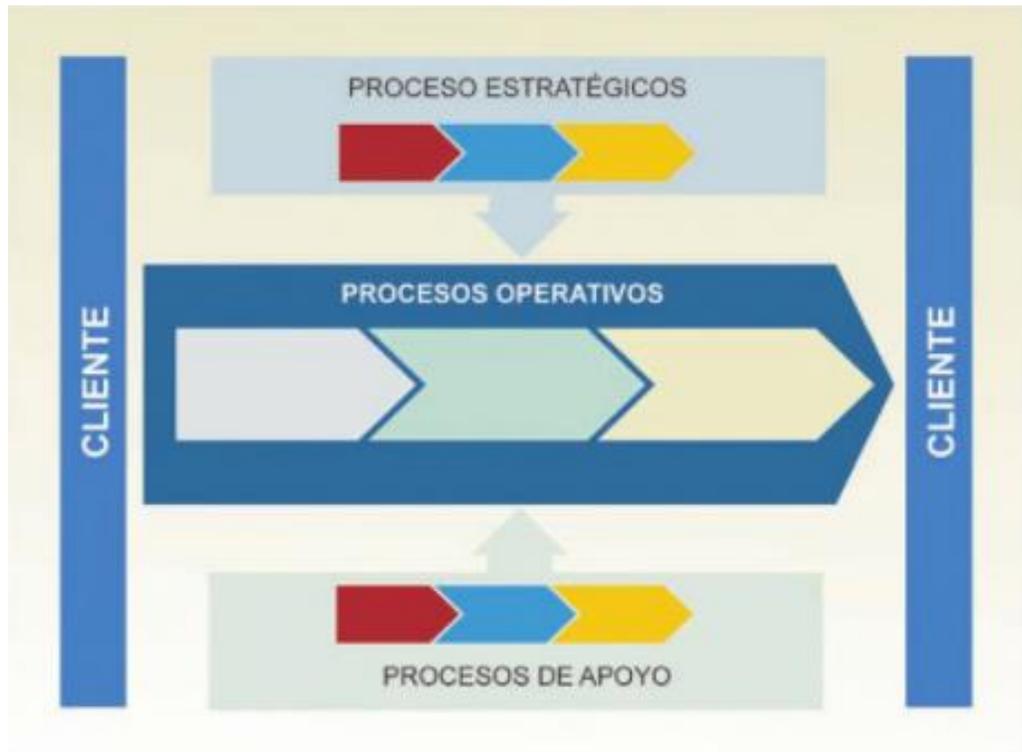


Figura 1. Mapa de Procesos.

Fuente: Alcalde (2007).

En el mapa de procesos (figura 1) se contemplan tres procesos fundamentales dentro de una organización; los cuales, se definen a continuación:

- **Procesos estratégicos:** estos abarcan los procedimientos, políticas y técnicas empleadas para el buen funcionamiento de las empresas y la mejora continua dentro de las mismas.

- **Procesos operativos:** están directamente relacionados con la elaboración de los productos y la prestación de los servicios.
- **Procesos de apoyo:** son aquellos que no afectan directamente el producto o el servicio; pero, son necesarios para dar soporte a los procesos operativos.

1.3.6. Control y Mejora de Procesos

“El Control y Mejora de Procesos es un método de mejora continua de la calidad que se basa en la reducción sistemática de la variación de aquellas características que más influyen en la calidad de los productos o servicios” (Vilar, 2005, p. 15).

Para poder controlar y mejorar los procesos es importante mantener una evaluación constante de los mismos, con la finalidad de determinar el nivel de variación, eliminarlo y, en consecuencia, lograr satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes; garantizando productos y servicios de calidad.

La evaluación de los procesos básicamente consiste en identificar las problemáticas, determinar las causas principales, establecer las medidas de control, efectuar diversas propuestas para solucionar las mismas; seleccionar la opción más factible y, por último, garantizar el cumplimiento de la misma.

1.3.7. Análisis FODA

El análisis FODA permite la comprensión e identificación de los objetivos y necesidades de una institución determinada; así como las posibles soluciones a los problemas, con la finalidad de alcanzar las metas deseadas. Además, esta

herramienta permite obtener una mejor visualización acerca de la situación actual de la empresa.

1.3.8. Procedimiento para la Elaboración del Análisis FODA

Para llevar a cabo un análisis FODA es necesario determinar lo siguiente:

- **Fortalezas:** Representan cada una de las habilidades, conocimientos y técnicas que le permiten a la empresa mantenerse dentro de un mercado competitivo. Además, le permiten desempeñar con eficiencia y eficacia cada una de sus funciones.
- **Oportunidades:** Constituyen aquellos factores o elementos que, al analizarlos, permiten mejorar la situación actual de la empresa. Las oportunidades están enfocadas al logro de los objetivos.
- **Debilidades:** Abarcan aquellos elementos que dificultan el logro de las metas planteadas por la empresa; pues, limitan las capacidades de la misma.
- **Amenazas:** “Toda circunstancia o tendencia externa (...) que pudiera repercutir negativamente en la función y operaciones de la organización” (FAO, 2007, p. 139).

1.3.9. Técnica de los Cinco Porqués

“El objetivo de los cinco porqués es determinar la causa raíz de un problema o defecto” (Fernández, 2014, p. 89). La técnica de los cinco porqués se utiliza como auxiliar de otras técnicas (diagrama de Ishikawa) con la finalidad de determinar la causa raíz de problemas o defectos.

Por su parte, la técnica de los cinco porqués, también se utiliza en metodologías de gestión y mejora, como son: Kaizen (Mejora Continua), Lean manufacturing (Manufactura esbelta) y Seis Sigma (metodología de mejora de procesos, cuyo objetivo es reducir o eliminar la variabilidad en los mismos).

1.3.10. Procedimiento para Aplicar la Técnica de los Cinco Porqués

Los pasos para la aplicación de esta técnica son los siguientes:

1. Realizar una lluvia de ideas.
2. Identificar las causas más probables del problema o defecto.
3. Comenzar a preguntar por qué (por lo menos cinco veces).

En ocasiones se puede preguntar por qué más de cinco veces para obtener las causas principales del problema o defecto.

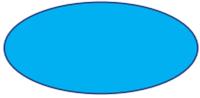
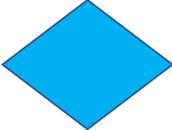
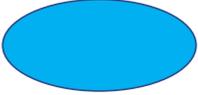
1.3.11. Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo se utiliza para determinar la existencia de problemáticas dentro del proceso, relacionadas con operaciones innecesarias, reprocesos, tiempos perdidos, entre otros. El objetivo de este diagrama es conocer a fondo las operaciones de un proceso determinado; con la finalidad de determinar si existe la posibilidad de reducir o eliminar las operaciones innecesarias, obteniendo así un proceso más eficiente.

1.3.12. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Flujo

Para la elaboración de diagramas de flujo se toman en cuenta una serie de símbolos; los cuales, poseen distintos significados. Los más comunes, se definen en la tabla siguiente:

Tabla 1. Simbología para Diagrama de Flujo.

Símbolo	Significado
	Representa el inicio de un proceso determinado.
	Indica la secuencia del proceso.
	Representa los diferentes tipos de operaciones que componen el proceso.
	Simboliza los puntos de decisión. Permite seleccionar entre varias alternativas, la mejor opción.
	Representa el final de un proceso determinado.

Fuente: Elaboración propia.

Antes de iniciar la diagramación es importante definir el proceso que se pretende analizar. A su vez, se deben establecer claramente cada una de las operaciones, teniendo en cuenta la secuencia lógica de las mismas.

Posteriormente, se procede a iniciar la elaboración del diagrama, colocando en su respectivo símbolo cada una de las operaciones definidas anteriormente. Es importante utilizar una simbología simple que facilite su interpretación y análisis.

1.3.13. Diagrama de Flujo de Procesos

El diagrama de flujo de procesos se considera una herramienta efectiva de análisis; ya que el mismo permite conocer un determinado proceso y como se relacionan sus actividades; debido a que en éste se registran todas las operaciones e inspecciones, así como el almacenamiento y recorrido que tiene la materia prima o el producto terminado en la planta.

1.3.14. Aplicación del Diagrama de Flujo de Procesos

“Útil para registrar los costos ocultos no productivos, tales como: las distancias recorridas, los almacenamientos temporales y los retrasos” (Niegel & Freivalds, 2009, p. 26). Para su representación, según la ASME, se utilizan los siguientes símbolos:

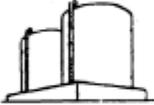
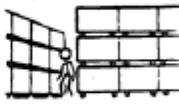
Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 2. Conjunto de Símbolos de Diagrama de Proceso de Acuerdo con el Estándar ASME.

Fuente: Niebel & Freivalds (2009).

1.3.15. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa tiene como objetivo determinar la causa raíz de un problema o defecto. Existen seis categorías principales para clasificar las causas de un problema. Según el método de las 6M, estas son: “Métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medio ambiente y medición” (Gutiérrez, 2010, p. 192).

1.3.16. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Ishikawa

Para la elaboración del diagrama de Ishikawa, se deben tener en consideración los siguientes pasos:

1. Identificar el problema.
2. Dibujar el diagrama.
3. Hacer una lluvia de ideas.
4. Definir las categorías del problema, según el método de las 6M.
5. Colocar las causas más probables en el diagrama, según la categoría.
6. Descender por cada nivel hasta lograr determinar la causa raíz.
7. Determinar la validez lógica de la causa raíz. En este paso se puede utilizar la herramienta de los cinco porqués.

1.3.17. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se basa en el principio de Vilfredo Pareto¹; el cual, establece que el 80% de los problemas son ocasionados por el 20% de las causas. El diagrama de Pareto facilita la toma de decisiones, permitiendo el enfoque en aquellos problemas particulares que ocasionan pérdidas en la eficiencia y eficacia de los procesos. “Una importante característica del análisis de Pareto es el derivado de su polivalencia y facilidad de aplicación en todo campo” (Galgano, 1995, p. 127).

¹ Vilfredo Pareto: Ingeniero, sociólogo, economista y filósofo italiano.

1.3.18. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Pareto

El primer paso para la elaboración del diagrama de Pareto es definir claramente el problema que se pretende investigar; con la finalidad de ejecutar adecuadamente la recolección de los datos.

Posteriormente, se deben definir las categorías que se pretenden contemplar en el diagrama. Dicha categorización debe efectuarse mediante algún criterio lógico, teniendo en cuenta los problemas con mayor ocurrencia. Es importante contemplar una categoría en la que se incluyan aquellos problemas poco frecuentes.

Luego, se procede a la recolección de los datos pertinentes para, posteriormente, agruparlos en la categoría correspondiente. Esto se efectúa para determinar la frecuencia en la ocurrencia del problema o defecto.

El siguiente paso consiste en tabular las informaciones obtenidas, colocándolas en orden descendente, tomando en cuenta la frecuencia. A su vez, dicha tabla debe contener: la frecuencia acumulada, el total general, el porcentaje que representa cada categoría en base al total general y el porcentaje acumulado.

Luego de que el proceso de tabulación esté completado, se procede a la creación de un gráfico de barras; el cual, debe contar con dos ejes verticales y un eje horizontal, en el que los datos obtenidos se verán reflejados de la siguiente manera:

- En el eje x del gráfico, se deben colocar las categorías ya establecidas.

- El eje y del gráfico, colocado a la izquierda del diagrama, refleja la frecuencia de cada una de las categorías. El mismo, inicia en 0 y termina en el valor del total general.
- El eje y del gráfico, colocado a la derecha del diagrama, se utiliza para graficar la curva acumulada; la cual, representa el porcentaje acumulado. La misma, inicia en 0% y termina en 100%.

Por último, se analiza el diagrama en base al principio de Pareto, mencionado anteriormente.

1.3.19. Estudios de Tiempos

Los estudios de tiempos se utilizan con la finalidad de determinar el tiempo estándar para ejecutar una operación o actividad determinada. Establecer un tiempo estándar por cada operación permite definir el tiempo mínimo en el que un proceso puede ser completado bajo condiciones normales, determinar si dentro del proceso existen tiempos improductivos, facilitar el balanceo de línea, evaluar el desempeño de los operarios, medir la eficiencia de las maquinarias, determinar la necesidad de adquirir nuevas maquinarias, establecer la cantidad de maquinarias necesarias para cumplir con la producción, entre otros.

1.3.20. Procedimiento para la Elaboración de Estudios de Tiempos

Los pasos necesarios para la elaboración de un estudio de tiempos se definen a continuación:

1. Determinar el proceso que se pretende estudiar. A su vez, se debe tener clara la causa fundamental por la que se tomó la decisión de efectuar el estudio de tiempos. Luego de esto, se seleccionan los operarios a los cuales se les tomará el tiempo de ejecución. Los mismos deben estar bien capacitados y preferiblemente deben haber trabajado en esa actividad, como mínimo durante dos semanas.
2. Recolectar la mayor cantidad de información relacionada con las operaciones del proceso; como, por ejemplo: la descripción de las operaciones.
3. Dividir o descomponer cada una de las operaciones en elementos. “Los elementos son unidades de trabajo indivisibles. Los elementos del estudio de tiempos deben ser tan pequeños como sea posible (...)” (Meyers & Stephens, 2006, p. 73). Mediante dicha división se pueden obtener detalles precisos relacionados con dichas operaciones.
4. Registrar los tiempos obtenidos en cada uno de los elementos, mediante el uso de cronómetros. Es importante registrar suficientes lecturas para que el estudio sea llevado a cabo con claridad y precisión.
5. Efectuar el cálculo de los siguientes tiempos:
 - Tiempo promedio; el cual, se obtiene de las diferentes lecturas registradas en la etapa anterior.

$$\text{Tiempo promedio} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_i}{n}$$

Donde:

n es el número de lecturas.

T_i es el tiempo medido.

- Tiempo normal (operario trabajando bajo condiciones normales); el cual, se obtiene al multiplicar el tiempo promedio por la calificación porcentual otorgada por el analista (rapidez durante la operación).

$$\textit{Tiempo normal} = \textit{tiempo promedio} \times \textit{calificación}$$

- Tiempo que tarda el operario en producir una unidad; el cual, se obtiene al dividir el tiempo normal entre las unidades por lote.

$$\textit{Tiempo normal por unidad} = \frac{\textit{Tiempo normal}}{\textit{unidades por lote}}$$

6. Determinar el tiempo estándar mediante la aplicación de tolerancias. “Las tolerancias son el tiempo extra que se agrega al tiempo normal para que el estándar de tiempo sea práctico y alcanzable” (Meyers & Stephens, 2006, p. 81). Es decir, el tiempo estándar será igual al tiempo normal más las tolerancias.

$$\textit{Tiempo estándar} = \textit{tiempo normal} + (\textit{tiempo normal} \times \textit{tolerancia})$$

Existen diversos métodos empleados para calcular las tolerancias. El más empleado en las industrias consiste en calcular el porcentaje que representa el tiempo improductivo sobre el tiempo disponible.

$$\textit{Tolerancia} = \frac{\textit{Tiempo improductivo}}{(\textit{Tiempo disponible} - \textit{tiempo improductivo})}$$

1.3.21. Documentación en base a la norma ISO 9001-2015

Según lo establecido en la norma ISO 9001:2015, toda información que la organización considere relevante para el buen funcionamiento del sistema de

gestión de calidad debe estar correctamente documentada. Luego de que la información es creada y actualizada, la organización debe asegurarse de:

- La disponibilidad de la información cuando se necesite.
- La protección adecuada de la información.

Algunos documentos que la norma ISO 9001:2015 considera como obligatorios son los siguientes:

- Alcance del sistema de gestión de calidad.
- Políticas de calidad.
- Objetivos de calidad y la planificación para alcanzarlos.
- Criterios tomados en consideración para la evaluación y selección de los proveedores.

1.3.22. Distribución en Planta

La distribución en planta abarca la ordenación física de todos los elementos de un sistema productivo, tales como: maquinarias y materiales, de manera que los mismos fluyan de manera continua.

El objetivo de mejorar la distribución en planta de una empresa determinada es establecer la ordenación física que permita reducir las distancias entre las operaciones necesarias para la producción de un producto en específico; con la finalidad de disminuir los costos asociados con el mismo e incrementar la eficiencia y productividad del proceso; pues, al disminuir las distancias entre operaciones, se

reducen los tiempos productivos, afectando directamente el tiempo de entrega de los productos. Además, una buena distribución en planta permite utilizar de la manera más apropiada todo el espacio disponible.

1.3.23. Tipos de Distribución en Planta

Existen diversos tipos de distribución en planta; los cuales, varían de acuerdo con el flujo de los materiales y productos de una operación a otra. Los mismos, se definen a continuación:

- **Distribución por proceso.** Se agrupan en una misma estación las operaciones con características similares; con la finalidad de optimizar la ubicación relativa de cada una, reduciendo así los costos asociados con el manejo de materiales de una estación a otra. “Es la distribución más adecuada para la fabricación bajo pedido, facilitándose la programación de los puestos de trabajo al máximo posible” (Obregón, 2016, p. 95).
- **Distribución por producto.** Se colocan de manera secuencial cada una de las operaciones necesarias para la producción de un producto determinado. Mediante este tipo de distribución es posible mejorar el aprovechamiento de los espacios disponibles para la producción. Este tipo de distribución facilita la automatización y continuidad de las operaciones de un proceso.
- **Distribución por posición fija.** Las maquinarias y los operarios se desplazan hacia los materiales. Este tipo de distribución es la más apropiada para la producción de productos de gran tamaño o peso. “El material se lleva

al lugar de montaje o fabricación. Tiene amplia versatilidad y se adapta con facilidad a cualquier variación” (Obregón, 2016, p. 95).

- **Distribución combinada (distribución basada en células de fabricación flexible).** Este tipo de distribución combina la eficiencia de la distribución por productos y la flexibilidad de la distribución por procesos. La ventaja de la distribución combinada radica en que mediante la misma se reducen los niveles de inventario, los requerimientos de espacios, entre otros elementos.

1.3.24. Diagrama de Recorridos

“El análisis de recorrido de los productos implica la determinación de la secuencia de los movimientos de los materiales a lo largo de las diversas etapas del proceso, así como la intensidad o amplitud de esos desplazamientos” (Vanaclocha, 2004, p. 94). El recorrido de los materiales debe ser analizado cuando:

- Los materiales son trasladados con mucha frecuencia.
- La cantidad de materiales trasladados es demasiado elevada.
- Los costos de transporte podrían ser mayores a los asociados con las demás operaciones.

1.3.25. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Recorridos

En este tipo de diagrama se presentan de manera secuencial todas las etapas del proceso. Este consta de una serie de símbolos; los cuales, representan cada una de las actividades llevadas a cabo en el proceso productivo. Estos son: operación, almacenamiento, transporte, inspección y demora. Existen dos tipos de

diagramas de recorridos: el sencillo y el multi-producto. Para elegir el tipo de diagrama, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Para pocos productos se utiliza el diagrama de recorrido sencillo.
2. En caso de trabajar con varios productos, se recomienda el empleo del diagrama multi-producto.

En la tabla siguiente, se contemplan cada uno de los símbolos empleados en este diagrama.

Tabla 2. Simbología empleada en el diagrama de recorridos.

Símbolo	Descripción
○	Operación
▽	Almacenamiento
⇒	Transporte
□	Inspección
D	Espera

Fuente: Elaboración propia.

1.3.26. Diagrama de Relaciones

El diagrama de relaciones es empleado con la finalidad de reflejar las necesidades de cercanía entre las diferentes áreas de una empresa.

1.3.27. Procedimiento para la Elaboración del Diagrama de Relaciones

El primer paso para la ejecución del diagrama de relaciones es hacer un listado de todas las actividades o áreas que forman parte de la empresa. Posteriormente, se procede a elaborar una tabla relacional de actividades, en la que se reflejan las relaciones existentes entre una actividad o área determinada y otra. Para determinar la necesidad de cercanía entre dos áreas, se utilizan los siguientes códigos:

Tabla 3. Códigos empleados para determinar la importancia de cercanía entre áreas.

Código	Definición
A	Absolutamente necesaria.
E	Especialmente importante.
I	Importante.
O	Ordinariamente importante.
U	Sin importancia.
X	No deseable.

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Meyers & Stephens (2006).

A continuación, se presenta un ejemplo de tabla relacional de actividades; en el cual, se visualizan las diferentes áreas de una empresa, así como el nivel de cercanía necesario entre ellas, en base a la asignación de los códigos mencionados anteriormente.

entre las mismas, con el fin de determinar la ubicación más adecuada, basada en los espacios disponibles y los necesarios para el buen desempeño del proceso.

1.3.29. Fases para la Implementación del Método SLP

De acuerdo con Muther (1968), para implementar el método SLP se debe recurrir a la aplicación de cuatro fases fundamentales:

- **Fase I: Localización.** Consiste en definir la localización de la planta que se está evaluando. Si se pretende instalar una nueva planta, se debe definir su ubicación basándose en aquellos elementos que afecten directamente la permanencia de la misma en el mercado. Si se trata de una redistribución, es importante definir si la planta se mantendrá en la misma ubicación (reubicando las áreas) o si se trasladará la misma a otro espacio disponible.
- **Fase II: Distribución general de la planta.** En esta fase se determina, de manera general, cómo serán ubicadas cada una de las áreas dentro de la planta; las cuales, deben ser colocadas dependiendo de la relación existente entre ellas, con la finalidad de facilitar el flujo de información y materiales.
- **Fase III: Distribución detallada.** Consiste en definir la distribución y planificación detallada de las estaciones de trabajo, ubicaciones específicas de maquinarias y materiales. En esta fase, se elaboran los planos; los cuales, representan gráficamente dichas ubicaciones.
- **Fase IV: Instalación.** En esta última fase se llevan a cabo las distribuciones planteadas en las fases anteriores; tanto de las estaciones de trabajo como

de las maquinarias y equipos; ejecutando los movimientos necesarios hasta lograr la distribución deseada.

1.3.30. Elementos para la Aplicación del Método SLP

Para implementar el método SLP se toman en cuenta cinco elementos fundamentales; los cuales influyen en la resolución de las problemáticas relacionadas con la distribución:

- Los productos y materiales involucrados en el proceso.
- Las cantidades de dichos elementos (productos y materiales).
- Los recorridos de los mismos; los cuales, abarcan las operaciones o actividades, así como las secuencias de éstas.
- Los servicios; los cuales, incluyen aquellas actividades que sirven de soporte para la transformación de materiales en productos terminados.
- Los tiempos, que sirven como medida de la cantidad de unidades que se pueden fabricar en un periodo de tiempo determinado. Los tiempos influyen directamente cada uno de los elementos mencionados anteriormente.

1.3.31. Procedimiento para la Elaboración del Método SLP

Muther (1968) plantea que el procedimiento necesario para la aplicación del método SLP, consta, en resumen, de los pasos contemplados en el anexo 1; los cuales, se definen a continuación.

- 1. Análisis producto-cantidad:** Se definen los productos que se pretenden producir, así como las cantidades. Este análisis facilita la determinación del tipo de distribución que se adecúa al tipo de proceso que se está evaluando. Para esto, es necesario utilizar gráficos de barras, como el histograma; con el fin de representar los diferentes productos y sus respectivas cantidades; colocados en orden decreciente para facilitar su interpretación.
- 2. Análisis del flujo de materiales:** Se establecen los movimientos de los materiales por cada una de las operaciones; así como las cantidades y la secuencia de dichos movimientos. El objetivo de este paso es determinar la distribución adecuada teniendo en cuenta los desplazamientos. Para analizar el flujo de materiales se toman en cuenta algunos diagramas, tales como: diagrama de hilo, diagrama de recorrido, entre otros.
- 3. Análisis de las relaciones entre operaciones o actividades:** Se establecen las relaciones existentes entre cada una de las operaciones, ya sea teniendo en cuenta el flujo de materiales o la necesidad de que dos o más operaciones estén localizadas de manera secuencial debido a las características de las mismas. Para poder determinar la relación entre las operaciones, se utiliza la tabla relacional de actividades; en la cual, se reflejan claramente las necesidades de proximidad. Se contemplan tanto las actividades productivas como las actividades de servicios o de soporte.
- 4. Diagrama de relaciones (Flujo de materiales y relación entre operaciones):** Permite determinar la distribución y la secuencia adecuada de las operaciones, basadas en las informaciones recolectadas en las etapas

anteriores. Mediante la creación de este diagrama se pretende obtener la distribución de planta que minimice la distancia entre aquellas operaciones que poseen mayor interacción.

5. Requerimientos de Espacio y Espacio Disponible: Se definen los espacios requeridos para el buen desenvolvimiento de cada área, teniendo en cuenta la disponibilidad de espacios. La misma, contribuye a decidir si es necesaria la adquisición de nuevos espacios. A su vez, permite realizar los ajustes necesarios para obtener la distribución que elimine o minimice las problemáticas existentes, mediante el establecimiento de las diferentes alternativas de distribución.

6. Evaluación de alternativas: se analizan las diferentes alternativas, teniendo en cuenta tanto los factores condicionantes como las limitaciones; con la finalidad de determinar aquella que garantice ser la más eficiente y efectiva; para posteriormente llevar a cabo su implantación.

1.3.32. CORELAP

El método CORELAP permite obtener una distribución de planta óptima; con el objetivo de que existan distancias cortas entre las áreas de mayor interacción.

1.3.33. Procedimiento para la Implementación del Método CORELAP

Para poder aplicar el método CORELAP se debe contar con una tabla relacional de actividades; en la cual, a cada una de las letras que representan la necesidad de cercanía de las áreas (A, E, I, O, U, X) se les asignan valores numéricos (6, 5, 4, 3,

2 y 1, respectivamente); con el fin, de convertir los datos de entrada cualitativos en datos cuantitativos; pudiendo así ordenar las áreas de acuerdo con su importancia.

Partiendo de los datos cuantitativos obtenidos anteriormente CORELAP efectúa el cálculo del ratio total de proximidad (TCR); el cual, representa la relación total de proximidad entre cada una de las áreas. El área que posea el mayor TCR se coloca en el centro de la planta. Posteriormente, se agregan las demás áreas, teniendo en cuenta la ordenación de las mismas, basada en el TCR. Es decir, luego de agregar el área con el mayor TCR, se agrega aquella área que posea mayor interacción con el área ya colocada en la planta y, así sucesivamente. Esta secuencia explica detalladamente como se escogen las actividades para localizarlas en la planta.

1.3.34. Lean manufacturing: Antecedentes

Filosofía japonesa que surge de la necesidad de producir de manera ajustada; es decir, producir con la menor cantidad de desperdicios posible. Lean manufacturing es considerada como un conjunto de herramientas que tienen sus orígenes en Japón. Esta metodología está inspirada de manera parcial, en los principios de William Deming².

Según afirma Rajadell & Sánchez (2011):

² William Edwards Deming: Estadístico y profesor universitario; el cual, es reconocido por el desarrollo del concepto de Calidad Total.

El punto de partida de la producción ajustada es la producción en masa. Durante la primera mitad del siglo XX se contagió a todos los sectores de la producción en masa, inventada y desarrollada en el sector del automóvil. Es conocida como la crisis del modelo de producción en masa que encontró el fordismo y el taylorismo en su máxima expresión, pero dejó de ser viable, porque no solo significa la producción de objetos en grandes cantidades, sino todo un sistema de tecnologías, de mercados, de economías de escala y reglas rígidas que colisionan con la idea de flexibilidad que se impone en la actualidad. (p.2)

Lean Manufacturing tiene como principio fundamental: ajustar los productos o servicios según los requerimientos o necesidades del cliente, y para ello es imprescindible la eliminación de los desperdicios. Esta filosofía posee tres pilares fundamentales, estos son: Kaizen o Mejora Continua, Justo a Tiempo (JIT) y Control Total de la Calidad.

1.3.35. Tipos de Desperdicios

Existen ocho tipos de desperdicios (también conocidos como mudas) que Lean Manufacturing se propone eliminar o mitigar; estos son:

- 1. Sobreproducción:** Este tipo de desperdicio genera un exceso de inventario, pérdida por obsolescencia, oculta defectos en los productos terminados; también, tanto los materiales como los operarios, recorren distancias innecesarias dentro de la planta; ya que en este tipo de desperdicio se

produce por adelantado o se produce más de lo que realmente necesita el cliente.

2. **Inventario innecesario o exceso de inventario:** Este tipo de despilfarro se describe como el exceso de inventario de componentes, materia prima, trabajo en proceso (WIP, cuyas siglas significan Work In Process) y producto terminado.
3. **Transporte o movimientos innecesarios de materiales:** Se describe como el traslado innecesario de materiales debido al uso de una distribución de planta deficiente, como también por un tipo de producción en lotes, inventario innecesario, entre otros.
4. **Tiempo de espera:** Es el tiempo perdido que resulta de un proceso de trabajo o procedimiento ineficiente. Un ejemplo de ello es una línea desbalanceada; ya que cuando uno o varios empleados están detenidos otros están saturados de trabajo.
5. **Sobrepceso:** Es la ejecución de operaciones que no agregan ningún valor a un producto determinado, ni contribuyen a la satisfacción de las necesidades del cliente.
6. **Movimiento:** Hace referencia al movimiento inútil, ya sea humano o de maquinarias, directamente relacionado con la ergonomía del área de trabajo; afectando la calidad de los productos y la seguridad del trabajador.
7. **Retrabajo:** Se define como la corrección de un producto defectuoso.

8. Despilfarro del talento humano: Consiste en desaprovechar las habilidades del personal competente, experimentado y calificado para la solución de problemas, propuestas de mejoras y eliminación de desperdicios.

1.3.36. Mapa del Flujo de Valor (VSM)

VSM (Value Stream Mapping, por sus siglas en inglés) permite visualizar el flujo de materiales e informaciones por cada una de las operaciones que agregan valor al producto. El objetivo de aplicar esta herramienta es determinar en qué operaciones existen desperdicios, con la finalidad de eliminarlos e incrementar la productividad.

Este método permite determinar las problemáticas dentro de las operaciones de un proceso determinado. Además, permite establecer una comparación entre la situación actual y futura de los procesos, así como representar las restricciones de los mismos, con el objetivo de determinar las oportunidades de mejora.

En el mapa del flujo de valor se representan dos tipos de actividades: aquellas que agregan valor (satisfacen las necesidades de los clientes), así como aquellas actividades que no agregan valor.

Al aplicar VSM se deben efectuar dos diagramas: El primero representa el flujo de materiales e informaciones actual. El segundo representa el mismo flujo, pero luego de haber aplicado las herramientas de mejora; es decir, representa el flujo luego de la eliminación de los desperdicios.

1.3.37. Metodología 5S

La metodología 5S tiene como objetivo fundamental organizar las estaciones de trabajo, con el fin de garantizar el fácil acceso a las herramientas de trabajo; así como la limpieza y seguridad de todos los alrededores. “El enfoque primordial de esta metodología desarrollada en Japón es que para que haya calidad se requiere antes que todo orden, limpieza y disciplina” (Gutiérrez, 2010, p. 110). Al implementar la misma, se reducen los inconvenientes y tiempos asociados con la búsqueda de herramientas. Además, se eliminan aquellas que no desempeñan ninguna función dentro del proceso.

1.3.38. Pasos para la Implementación de la Metodología 5S

Para poder implementar la metodología 5S es necesario completar un proceso de 5 pasos; de los cuales, la inicial en japonés es la letra s (motivo por el cual se le asignó ese nombre). Los mismos son definidos, de manera resumida, por Rajadell & Sánchez (2011) como:

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). (p. 50)

A continuación, se definen con mayor detalle cada uno de los pasos mencionados anteriormente, con la finalidad de facilitar su comprensión.

- **Eliminar (Seiri):** consiste en clasificar y seleccionar las herramientas necesarias para efectuar el trabajo; eliminando del espacio de trabajo, aquellas cuya utilidad sea dudosa. El objetivo de efectuar esta clasificación es mantener el área de trabajo libre de herramientas que dificulten el flujo dentro de un proceso determinado. “En un programa de 5S, una forma efectiva de identificar los elementos que habrán de eliminarse es etiquetarlos en rojo; es decir, cada objeto que se considera innecesario se identifica mediante una tarjeta o adhesivo rojo (de expulsión)” (Gutiérrez, 2010, p. 111).
- **Ordenar (Seiton):** Luego de efectuar la clasificación, se procede a organizar las herramientas clasificadas, de tal forma que sean de fácil acceso. Para esto, es necesario establecer una ubicación específica para las mismas, con el objetivo de minimizar el desperdicio asociado con su manejo. Para que la clasificación sea considerada eficiente se deben colocar las herramientas de acuerdo con su frecuencia de uso.
- **Limpiar (Seiso):** consiste en limpiar el espacio de trabajo, con la finalidad de evitar la aparición de defectos. También, consiste en identificar el origen de dichos defectos, con el fin de aplicar medidas correctivas, evitando así la reaparición de los mismos.
- **Estandarizar (Seiketsu):** Aplicar de manera continua los principios de clasificación, organización y limpieza. El objetivo de estandarizar es garantizar que el espacio de trabajo se mantenga con el nivel de limpieza deseado y alcanzado en las etapas anteriores.

- **Disciplina (Shitsuke):** Implica garantizar el cumplimiento de las normas y procedimientos ya estandarizados. Para esto, es necesario establecer diversos mecanismos de control, como por ejemplo auditorías permanentes, que garanticen el mejoramiento continuo.

1.3.39. Kaizen

Filosofía de gestión de calidad que busca la mejora continua de los procesos, por medio de pequeñas modificaciones diarias, con la finalidad de reducir costos y mejorar la calidad de los productos y los procesos; así como incrementar la productividad. Esta herramienta involucra a todos los miembros de una organización; se extiende desde la gerencia hasta los operarios. Esta filosofía se extiende a todo tipo de organización que busca mejorar continuamente la calidad de sus resultados, de una manera sencilla, sin incurrir a grandes costos.

Algunos resultados de la utilización de esta herramienta pueden ser: eliminación de desperdicios en procesos de producción (procesos existentes o procesos en fase de proyectos), mejora de procedimientos, políticas, mantenimiento de maquinarias y equipos, mejora de productos (nuevos o existentes), procedimientos de administración, entre otros.

El Kaizen puede ser utilizado como complemento de otros tipos de herramientas, como son: Metodología 5S, Ciclo de Deming, entre otros.

1.3.40. Procedimiento para la Aplicación de la Herramienta Kaizen

Para aplicar esta herramienta de mejora continua, es necesario recurrir a los siguientes pasos:

- 1. Elegir el tema que se desea mejorar** (productividad, seguridad, calidad, medio ambiente).
- 2. Formar un equipo multidisciplinario:** Se forma un grupo de trabajo con integrantes de diferentes áreas de la organización, con la finalidad de contar con diversos aportes, según la experiencia de cada integrante del equipo.
- 3. Obtención y análisis de los datos.**
- 4. Gembutsu Gemba:** La primera, es el elemento de análisis en cuestión (proceso, maquinaria, material, tiempo) y la segunda comprende el área de trabajo donde existe la oportunidad de mejora. Este paso consiste en el traslado del equipo hacia el área de mejora para analizar el elemento que se desea mejorar, validar los datos recolectados en el paso anterior y determinar o eliminar variables.
- 5. Plan de medidas de acción:** Se plasman las soluciones o mejoras que mitigan o eliminan la problemática planteada inicialmente. En cada actividad a realizar, se especifica la fecha en que se ejecutará; así como el responsable de la misma.
- 6. Evaluación y seguimiento de los resultados.**
- 7. Estandarización.**

1.3.41. Herramienta Kanban

“Un sistema de control kanban utiliza un dispositivo de señalización para regular los flujos justo a tiempo”. (Chase, Robert, & Aquilano, 2010, p. 409) El objetivo fundamental de Kanban es llevar a cabo la producción de los productos a medida que los clientes los demandan; con el fin de reducir el nivel de inventario. La herramienta Kanban garantiza que los materiales son solicitados en el proceso a medida que se necesitan, coincidiendo así con la filosofía Just In Time (Justo a Tiempo).

El sistema Kanban está basado en el uso de tarjetas; las cuales garantizan el flujo sincronizado de los materiales; iniciando desde el proveedor, continuando por los almacenes de materias primas de la fábrica, hasta llegar al proceso productivo, para posteriormente ser almacenados (en las cantidades mínimas) hasta el momento en el que son retirados por los clientes, de acuerdo con su necesidad.

Las tarjetas se colocan en los contenedores o envases de los materiales, en las que se especifican las informaciones relacionadas con la solicitud (el código de las piezas y cantidades a fabricar, lugar de destino tanto de los materiales como de los productos terminados, entre otros); así como las cantidades disponibles en cada uno de ellos.

Existen dos tipos fundamentales de Kanban. Los mismos, se definen a continuación:

- **Kanban o tarjeta de producción:** este tipo de Kanban se emplea para mantener el control de las cantidades y los tipos de productos que se necesitan en el proceso siguiente.
- **Kanban o tarjeta de transporte:** este tipo de Kanban especifica las cantidades y los tipos de materiales que se retirarán del proceso anterior.

1.3.42. Pasos para la Implementación de Kanban

Para implementar Kanban, se deben aplicar los siguientes pasos:

- **Capacitación del personal acerca de la filosofía Kanban.** El objetivo de esto es: asegurarse de que los trabajadores efectúen sus operaciones adecuándose a dicha filosofía; garantizando así la reducción de los inventarios. Los empleados deben tener claro cuáles son los beneficios de aplicar la filosofía Kanban para poder ejecutarla eficientemente.
- **Recolección de la información necesaria para aplicar Kanban.** Se deben recopilar las informaciones relacionadas con la capacidad del proceso, los requerimientos de los clientes, la disponibilidad de materiales, productividad del proceso, entre otras; las cuales, son necesarias para el establecimiento de los parámetros del sistema Kanban.
- **Diseño del sistema Kankan.** En esta etapa, se especifican cada uno de los parámetros que se tendrán en cuenta para garantizar el mínimo nivel de inventario.
- **Implementación de la herramienta Kanban.** Posteriormente, se lleva a cabo la asignación de tantas tarjetas como sean necesarias (tanto tarjetas de

transporte como de producción) dependiendo del proceso que se pretenda controlar; garantizando así la producción de las piezas que realmente se necesitan.

- **Mantenimiento continuo del Kanban.** Es importante garantizar, mediante auditorías constantes, la implementación continua del sistema Kanban.
- **Mejora continua del Kanban.** A su vez, se debe mantener la mejora continua del mismo, permitiendo así su adaptación a cambios en la demanda; tanto de materiales como de producto terminado; con la garantía de que el sistema Kanban mantenga los niveles de inventario adecuados.

1.3.43. Herramienta SMED

Gutiérrez (2010) afirma que:

La metodología de cambio de herramientas en pocos minutos (SMED) introduce la idea de que en general cualquier preparación de un proceso debería durar menos de 10 minutos, de ahí la frase single minute (expresar los minutos en un solo dígito). (p. 96)

SMED permite mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos; garantizando la entrega de productos de calidad y bajo costo, en un tiempo mínimo, mediante la reducción del tamaño de los lotes.

Esta herramienta surgió con la necesidad de satisfacer los requerimientos de clientes más exigentes; los cuales, comenzaron a demandar variedad en los productos.

1.3.44. Procedimiento para la Aplicación de SMED

Para la aplicación de SMED es importante analizar de manera específica el proceso que se pretende mejorar; ya sea, recolectando información acerca del origen de los tiempos elevados de preparación de máquinas. Los pasos para aplicar SMED, son los siguientes:

- 1. Diferenciación de las operaciones internas y las externas.** Las operaciones internas son aquellas que necesitan una parada de planta para ejecutarse; mientras que las externas son aquellas que pueden llevarse a cabo mediante la operación normal de la planta.
- 2. Conversión de las operaciones internas en operaciones externas.** El objetivo es reducir los tiempos improductivos mediante la eliminación de las operaciones internas. Es decir, evaluar las operaciones internas para determinar si las mismas pueden efectuarse de manera paralela al proceso. Aquellas operaciones que no puedan convertirse en externas deben mantenerse en constante cambio (mejora continua), con el fin de reducir los tiempos asociados.
- 3. Perfeccionamiento de las operaciones internas y externas.** Implementar mejoras en las operaciones internas y externas; con el fin de optimizar las mismas. El objetivo es reducir al mínimo los tiempos asociados con la preparación de las maquinarias.

Para garantizar la mejora continua de dichas operaciones es importante mantener un seguimiento de las mismas; así como efectuar mediciones constantes de los tiempos; pues, lo que no se mide no se controla.

1.3.45. Sistema JIT (Justo a Tiempo)

Esta filosofía se enfoca en producir lo necesario, en el momento preciso y las cantidades exactas. “El JIT es una filosofía que define la forma en que debería gestionarse el sistema de producción” (Arndt, 2005, p. 2).

El JIT consiste en la eliminación de todo lo que genere desperdicios en un proceso de producción; buscando la reducción de: inventarios, transportes dentro de la empresa, tiempos de espera, entre otros. Esto quiere decir que, mediante la aplicación de JIT, los recursos disponibles se manejan de forma eficiente, reduciendo el desperdicio durante la ejecución de las operaciones de la empresa.

Esta filosofía de producción está enfocada a mejoras continuas dentro de la organización, mediante el ajuste eficiente de cada una de las partes que componen el sistema de la empresa: proveedores, proceso de producción, capital humano, entre otros.

“El Justo a Tiempo busca eliminar la producción innecesaria y lograr un sistema de producción que permita un flujo continuo de la producción desde la recepción de la materia prima hasta el servicio al cliente” (Negrón, 2009, p. 58).

1.3.46. Aplicación de JIT

Para aplicar JIT debemos identificar las necesidades de los clientes; esto ayudará a la empresa a determinar la cantidad óptima a producir; reduciendo así los costos asociados con la sobreproducción y manejo de inventarios.

La empresa debe eliminar todo aquello que no agregue valor a sus productos. Esto reduciría los desperdicios considerablemente.

Además, para implementar JIT, es importante mantener una buena relación con los proveedores, para garantizar que los mismos entreguen los materiales adecuados, en las cantidades requeridas y en el momento justo.

1.3.47. Balanceo de Línea

La finalidad de esta técnica es asignar a cada operario, la misma carga de trabajo. Para lograr este objetivo, es preciso dividir las tareas u operaciones en los movimientos básicos con los que se ejecutan todos los elementos del trabajo y recolectando las actividades en trabajos de la misma duración.

1.3.48. Procedimiento para la Ejecución del Balanceo de Línea

Para alcanzar el balanceo de una línea, se debe identificar cual es la operación cuello de botella del proceso (aquella con el mayor tiempo para ser realizada y donde se acumula el trabajo, y por ende no fluye el proceso), definir la velocidad de la línea o duración de la misma para elaborar un producto, identificar el número de estaciones de trabajo que posee la línea, calcular y establecer el costo por mano de

obra. Además, se debe reducir el costo de producción de la línea y definir la carga porcentual de trabajo de cada operador. Para el balanceo de una línea se deben tener en consideración los siguientes pasos:

- Calcular el tiempo de ciclo: se calcula dividiendo el tiempo neto disponible para producir entre el total de unidades producidas.

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo neto de producción}}{\text{Unidades producidas}}$$

- Luego, calcular el número de estaciones de trabajo de la línea o el número mínimo teórico de trabajo: se obtiene dividiendo el tiempo total en la realización de las tareas entre el tiempo de ciclo, y se redondea por exceso para asegurar el alcance de las metas por turno.

$$\text{Número de estaciones de trabajo} = \frac{\text{Tiempo total de la tareas}}{\text{tiempo de ciclo}}$$

- Por último, se balancea la línea, asignando tareas específicas a cada estación de trabajo; tomando en consideración la duración de cada operación, las actividades precedentes y las actividades sucesoras.

El balanceo de línea es vital para poseer un proceso eficiente, ya que permite mantener una secuencia de trabajo y reducir el tiempo ocioso de las estaciones de trabajo.

1.3.49. Ciclo PDCA

El ciclo PDCA, también conocido como Ciclo de Deming, permite la mejora continua de los estándares de una organización determinada. Este ciclo es una secuencia sistemática de cuatro pasos fundamentales, según lo indican sus siglas; los cuales son: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act).

El Ciclo PDCA “Puede ser utilizado tanto para la mejora reactiva; es decir, mediante decisiones profesionales frente a situaciones cambiantes, como para sistematizar reacciones y buscar soluciones racionales a los problemas” (Mora, 2003, p. 241).



Figura 4. Ciclo PDCA.

Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta puede ser aplicada a cualquier tipo de organización, y de forma indistinta, en cualquier departamento de la misma. El uso de esta herramienta en la solución de problemas permite encontrar la causa raíz de los mismos y proveer las medidas que permitan la eliminación o mitigación de dichos problemas.

El uso del Ciclo de Deming en la mejora de procesos hace posible el robustecimiento de las habilidades y actitudes en la manipulación de técnicas de gestión. Además, permite el fortalecimiento de la interpretación que existe entre el cliente y el proveedor.

1.3.50. Procedimiento para la Aplicación del ciclo PDCA

Para la lograr una efectiva ejecución del ciclo de Deming, es preciso realizar una serie de actividades en cada uno de los pilares del mismo, como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 4. Pilares del Ciclo PDCA.

Ciclo PDCA		
Elementos	Actividades	Herramientas
Planificar/Plan	Identificar las oportunidades de mejora. Determinar las causas del problema.	Técnica de las 5W y 1H, Técnica de los cinco porqués, Diagrama causa-efecto
	Establecer los objetivos y procesos requeridos; con vistas a alcanzar los resultados deseados, según los intereses de la organización y la búsqueda de la satisfacción de las necesidades de los clientes.	
Hacer/Do	Implantar las actividades propuestas en el plan.	
	Recolectar datos.	
Verificar/Check	Comprobar y verificar si las tareas se han realizado de la mejor manera.	Listas u hojas de verificación (checklist).
	Asegurar que los resultados se apeguen a los objetivos planteados.	
Actuar/Act	Aplicar los resultados.	
	Determinar nuevas oportunidades de mejora y seguir aplicando continuamente.	
	Estandarizar y mantener las nuevas medidas.	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO II. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

2.1. Descripción de la Empresa

El Laboratorio Cris Industrial es una empresa familiar dedicada a la elaboración de productos farmacéuticos. El mismo, surge con la necesidad de satisfacer los requerimientos de los clientes; ofreciendo productos de alta calidad, garantizando la mejoría en la salud y calidad de vida.

A través de los años el Laboratorio Cris Industrial ha evolucionado considerablemente, incrementando la variedad en sus productos, así como la calidad y buen servicio.

2.2. Ubicación Geográfica

El Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial se encuentra ubicado en la calle Rafael Jiménez #14, Santo Domingo Oeste, República Dominicana. En el mismo, se lleva a cabo tanto la producción de todos los productos, como el empaque y almacenamiento.

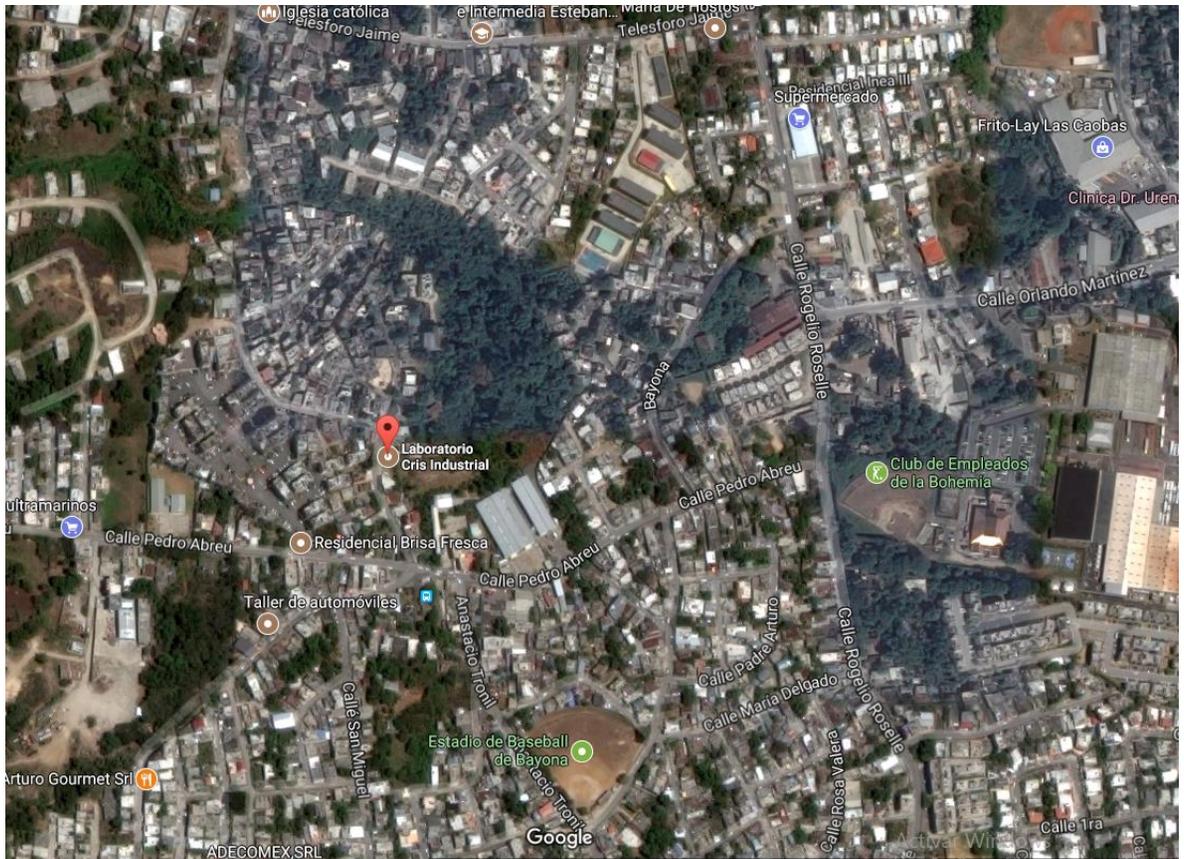


Figura 5. Ubicación geográfica del Laboratorio Cris Industrial.

Fuente: Google Maps.

2.3. Misión

Producir y proveer a los clientes, de manera responsable y oportuna, precios justos, productos de máxima calidad, eficacia y seguridad, con el mejor servicio.

2.4. Visión

Ser reconocidos como empresa innovadora en soluciones especiales de salud, cuidado personal y del hogar e institucional, con una marcada atención hacia el desarrollo integral de la sociedad.

2.5. Valores

- Ética, integridad y transparencia en los actos y prácticas del desempeño institucional.
- Compromiso con la máxima calidad, eficacia y seguridad en los productos.
- Creatividad e innovación en el desarrollo de productos.
- Respeto al ser humano, al medio ambiente y el equilibrio ecológico.
- Compromiso de responsabilidad social.

2.6. Cultura

La cultura del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial se basa en trabajar con personas que se caracterizan por su:

- Motivación e interés por el trabajo.
- Ética.
- Lealtad.
- Valores Sociales.
- Formación Integral.
- Trabajo en Equipo.
- Sentido de Pertenencia.
- Compromiso con la Organización.
- Crecimiento a nivel personal y laboral.

2.7. Organigrama de la Empresa

El organigrama actual del Laboratorio Cris Industrial, se muestra en el anexo 2; en el cual, se representan las estructuras y jerarquías de los diferentes departamentos.

2.8. Productos Elaborados por la Empresa

El Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial cuenta una gran gama de productos; con la finalidad de prevenir enfermedades y detener el desarrollo de las mismas. Dentro de las distintas tipologías de productos farmacéuticos que existen, este laboratorio cuenta con: analgésicos, antipiréticos, antiparasitarios, mucolíticos, suplementos de calcio, suplementos vitamínicos, suplementos multivitamínicos, queratolíticos, laxantes, antigripales, anticatarrales, repelentes, antibióticos, reguladores glandulares, antiasmáticos y antiácidos.

- **Analgésicos:** medicamentos que se utilizan para reducir y eliminar dolores.
- **Antipiréticos:** son aquellos medicamentos cuya finalidad es reducir la fiebre.
- **Antiparasitarios:** tratamientos que se utilizan para combatir infecciones provocadas por parásitos y bacterias.
- **Mucolíticos:** medicamentos que sirven para cambiar las características físicas y químicas de las secreciones bronquiales, provocando una reducción de la viscosidad y, por ende, una rápida eliminación.
- **Queratolíticos:** tipo de medicamento que se utiliza para tratar y prevenir problemas y enfermedades de la piel, tales como: espinillas, acné, manchas,

descamación, desarrollo de manera excesiva de las células cutáneas, resequedad, entre otras.

- **Laxantes:** productos que se usan para mejorar, a corto plazo, el estreñimiento.
- **Antigripales:** son aquellos medicamentos utilizados para tratar los resfriados o gripe común.
- **Anticatarrales:** son fármacos que tienen como finalidad reducir los efectos asociados con los catarros.
- **Repelentes:** fusión de diversos componentes que sirve para ahuyentar o disminuir la presencia de insectos.
- **Antibióticos:** medicamentos altamente efectivos para el tratamiento de infecciones bacterianas.
- **Reguladores glandulares:** fármacos que se usan para controlar el hipotiroidismo e hipertiroidismo.
- **Antiasmáticos:** son aquellos medicamentos empleados para controlar y reducir la inflamación de los pulmones; así como para aliviar los efectos asociados con el asma.
- **Antiácidos:** son medicamentos que se utilizan para neutralizar la acidez generada por los ácidos gástricos.

En el anexo 3, se muestran los diferentes tipos de productos que se elaboran en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial.

2.9. Presentaciones de los Productos

Algunas de las diferentes presentaciones de los productos que ofrece el Laboratorio Farmaceutico Cris Industrial se contemplan en los anexos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

2.10. Materias Primas del Calcio

Las materias primas empleadas en el proceso de fabricación de calcio son las siguientes:

- **Fosfato tribásico:** Es un polvo inodoro e insípido; es insoluble en agua, alcohol y ácido acético. El mismo, es soluble en ácido clorhídrico y ácido nítrico.
- **Azúcar refinada:** Es la extracción de sacarosa en un 99% (azúcar pura); la cual, es obtenida de la caña de azúcar o de la remolacha.
- **Agua purificada:** Es el agua apta para el consumo humano. La misma, se somete a varios procesos, en los que son eliminados elementos y compuestos químicos; así como bacterias perjudiciales para la salud.
- **Saborizantes:** Son sustancias, cuya función principal es dar sabor a productos alimenticios.
- **Colorantes:** Son sustancias, químicas o biológicas, que poseen la propiedad de teñir fibras, tanto vegetales como animales.

2.11. Proceso de Manufactura

El proceso de elaboración de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial varía de acuerdo con la presentación del producto; ya sea, si se trata de calcio granulado en sobres, calcio granulado en frascos, calcio en polvo, calcio sabor natural o de diferentes sabores.

2.12. Descripción del Proceso de Producción de Calcio Granulado

El proceso de elaboración de calcio granulado inicia con una previa inspección de la higiene del área, con el fin de garantizar la pulcritud, tanto de las maquinarias como de las herramientas.

Posteriormente, el operario a cargo se dirige al almacén de materias primas, con el objetivo de seleccionar la materia prima necesaria para la elaboración del calcio; cuya fórmula contiene: fosfato de calcio tribásico, azúcar refinada, agua purificada y, dependiendo de la presentación, contiene o no saborizantes y colorantes. Luego, se procede con el proceso de dosificación de materias primas, para luego transportar las mismas al área de producción. En esta área, se introducen las materias primas en una máquina mezcladora hasta que se obtenga una mezcla con la consistencia deseada. Se efectúa el proceso de inspección para asegurar la calidad de la mezcla.

La siguiente etapa consiste en transportar la mezcla obtenida a la máquina extrusora; la cual proporciona la presión necesaria para lograr que la mezcla tome forma de gránulos. Los mismos, son inspeccionados para verificar la conformidad

de estos. Si están conformes, se colocan en una bandeja para posteriormente ser introducidos en el horno, con el fin de endurecerlos y evitar que pierdan la forma. Al sacarlos del horno, se colocan en anaqueles y se dejan en reposo hasta que alcancen la temperatura del ambiente. Se efectúa nuevamente la inspección de los gránulos. El producto semi-terminado obtenido, permanece en los anaqueles en espera de la disponibilidad de las siguientes operaciones.

Luego, se transporta el producto semi-terminado al área de envasado; en la cual, se lleva a cabo el proceso de cernido; continuando con el proceso de envasado. Las cantidades correspondientes a cada tipo de envase se definen mediante la inspección del peso del producto, para garantizar el gramaje adecuado.

Se efectúa el transporte del producto semi-terminado al área de empaque; en la que se procede a ejecutar el etiquetado y posterior empaque. Por último, se almacena el producto terminado.

Cabe destacar que, en el Laboratorio Cris Industrial existen dos plantas de producción:

- La primera; en la cual se elabora el calcio en todas sus presentaciones.
- La segunda; en la cual, se lleva a cabo el proceso de etiquetado y empaque, así como cada una de las operaciones que intervienen en el proceso de elaboración del resto de los productos.

El proceso de elaboración de calcio granulado se representa gráficamente en el diagrama de flujo de procesos; desarrollado en el anexo 12.

2.13. Descripción del Proceso de Producción de Calcio en Polvo

El proceso de elaboración de calcio en polvo posee las mismas operaciones que el proceso de calcio granulado; con la salvedad de que, para la elaboración del primero, es necesario la ejecución de una operación adicional; la cual, se define a continuación.

El producto semi-terminado que permanece en los anaqueles en espera de la disponibilidad de las siguientes operaciones es trasladado a la máquina pulverizadora, con el objetivo de obtener el calcio en polvo. Posteriormente, se procede a la ejecución de las operaciones siguientes, definidas en el proceso de elaboración de calcio granulado (envasado, etiquetado, empaque y almacenamiento del producto terminado). Cabe destacar que, para el proceso de elaboración de calcio en polvo se omite el proceso de cernido.

El proceso de elaboración de calcio en polvo se representa gráficamente en el diagrama de flujo de procesos desarrollado en el anexo 13.

2.14. Esquema de los Elementos del Proceso de Elaboración de Calcio

Granulado

Los elementos del Proceso de Elaboración de Calcio Granulado se muestran en el esquema siguiente; en el cual, se detallan las entradas, los procesos y las salidas de dicho proceso.



Figura 6. Esquema de los elementos del Proceso de Elaboración de Calcio Granulado.

Fuente: Elaboración propia.

2.15. Esquema de los Elementos del Proceso de Elaboración de Calcio en Polvo

Los elementos del Proceso de Elaboración de Calcio en Polvo se muestran en el esquema siguiente; el cual, presenta algunas diferencias con el proceso de elaboración de calcio granulado, tal como se especificó en el diagrama de flujo de procesos.



Figura 7. Esquema de los elementos del Proceso de Elaboración de Calcio en Polvo.

Fuente: Elaboración propia.

2.16. Situación Actual del Proceso de Elaboración de Calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

El proceso de producción de calcio del Laboratorio Cris Industrial presenta deficiencias en algunas de sus operaciones; así como en las áreas definidas para la ejecución de las mismas. Debido a que las problemáticas presentes en dicho proceso ocasionan la disminución de la productividad y rentabilidad de la empresa, es importante analizarlas, con la finalidad de tomar planes de acción para erradicarlas. Las mismas, se determinaron a partir del uso de herramientas como entrevistas, encuestas, técnica de los cinco porqués y diagrama de Ishikawa; así como a partir de la observación directa del proceso. A continuación, se muestran dichas problemáticas.

2.16.1. Carencia de la Documentación Adecuada de los Procesos

Los procesos de elaboración de calcio granulado y en polvo no se encuentran debidamente documentados, lo que ocasiona pérdidas en la calidad de los productos. Esto se debe a que la información con la que cuenta la empresa no contempla todos los detalles relacionados con cada una de las operaciones (herramientas e instrumentos de medición y parámetros a tomar en cuenta). Además, no existe la estandarización de la dosificación; pues, en ocasiones, se añaden algunos ingredientes (por ejemplo, agua desmineralizada) teniendo en cuenta el criterio del operario. El mismo, agrega cantidades por encima o por debajo de la requerida para que la consistencia de la mezcla sea la adecuada.

Además, no existe un tiempo parametrizado para la ejecución de algunas de las operaciones; entre las cuales cabe destacar: el tiempo que tardan los gránulos en reposo, con el fin de disminuir su temperatura. El problema radica en que no existe una temperatura definida; lo cual, ocasiona variaciones en el tiempo que tarda dicha operación.

La inexistencia de parámetros ocasiona que exista mayor inestabilidad en las operaciones, generando inspecciones excesivas, debido a la falta de control de las mismas.

2.16.2. Cuellos de Botella en las Operaciones

Existen cuellos de botella en algunas de las operaciones del proceso de elaboración de calcio (granulado y en polvo). La operación que posee el cuello de

botella que más afecta el proceso es el envasado del producto. En esta operación, existe cuello de botella debido a que se producen más lotes de los que se pueden envasar; lo que provoca que los gránulos ya horneados y enfriados, sean almacenados en tanques, en espera de la liberación del área de envasado; la cual, posee poca disponibilidad de operarios.

2.16.3. Transportes Innecesarios de Materia Prima y Producto Semi-terminado

Debido a que las operaciones del proceso de producción de calcio se encuentran distantes unas de las otras, existen transportes innecesarios; tanto de materia prima como de producto semi-terminado. Los transportes innecesarios inician desde el proceso de dosificación de las materias primas; esto se debe a que las mismas son dosificadas en la planta de elaboración del resto de los productos y no en la planta en la que se ejecutan las operaciones del proceso de elaboración de calcio.

La siguiente operación que posee transportes innecesarios es la pulverización de calcio. El área de pulverización depende del área de horneado; pero, las mismas no se encuentran ordenadas y distribuidas de manera secuencial. Esto, ocasiona pérdidas de tiempo y de otros recursos.

También, existen distancias largas entre la operación de envasado y las etapas posteriores (etiquetado y empaque); pues, el área de envasado se encuentra en una planta, mientras que el área de etiquetado y empaque se encuentra en la otra planta.

Es importante destacar que, en el Laboratorio Cris industrial, no existe el diseño adecuado de una línea de producción que permita el flujo eficiente de materiales y que garantice la reducción de las distancias entre operaciones con mucha interacción.

La existencia de estas problemáticas ocasiona una disminución en la productividad de la empresa.

2.16.4. Falta de Capacitación de los Operarios

Los empleados no están debidamente entrenados para llevar a cabo, de la manera más eficiente posible, cada una de sus operaciones; pues, como no existe una documentación apropiada y detallada de los procesos no dominan todos los aspectos relacionados con estos. Además, no existen planes de capacitación continua que garanticen el buen desempeño de las funciones más relevantes de cada cargo.

2.16.5. Materia Prima Inapropiada

Debido a que en el proceso de elaboración de calcio se utilizan saborizantes líquidos, existe la necesidad de extruir y hornear la mezcla empleada en el proceso de elaboración de calcio en polvo antes de proceder con la pulverización. Esto ocasiona pérdidas de tiempo (existencia de operaciones innecesarias), incremento en los costos (uso excesivo e innecesario de energía eléctrica, empleada en la máquina extrusora y en el horno), entre otros elementos.

2.16.6. Desperdicios en las Operaciones del Proceso

Existen desperdicios en algunas de las operaciones del proceso de elaboración de calcio granulado y en polvo; entre los cuales, cabe destacar los siguientes: debido a que la cantidad de agua añadida es distinta dependiendo del criterio del operario, la consistencia de la mezcla varía considerablemente, ocasionando que, algunas veces, los gránulos obtenidos durante la extrusión se compacten, imposibilitando el empleo de estos para el envasado de calcio granulado. Sin embargo, los gránulos compactados no son desechados. Los mismos se introducen en la pulverizadora para obtener el calcio en polvo. La desventaja de esto radica en que no existe un control de las cantidades de calcio a envasar en una u otra presentación (granulado o en polvo).

2.16.7. Falta de Planificación de la Producción

La planificación de la producción es inestable; pues, se produce en base a la capacidad de algunas de las operaciones iniciales (mezclado, y extrusión); lo que ocasiona inventarios excesivos de producto semi-terminado, riesgos de vencimiento y, a su vez, genera cuellos de botella en las operaciones siguientes.

2.16.8. Inexistencia de Indicadores

En el Laboratorio Cris Industrial no existen indicadores que permitan medir el cumplimiento del proceso de producción de calcio; por lo que la empresa no monitorea si se cumple o no con los objetivos planteados. La inexistencia de indicadores ocasiona que dicho laboratorio no tenga control de sus procesos.

2.16.9. Deficiencias en el Mantenimiento de las Maquinarias

El mantenimiento de las maquinarias del proceso de elaboración de calcio es deficiente; pues, simplemente utilizan el mantenimiento correctivo; en el cual, se identifican las fallas, con el objetivo de eliminarlas. La ejecución del mantenimiento correctivo ocasiona paradas de plantas no deseadas, debido a que los equipos empleados no se encuentran en las condiciones óptimas. Cabe destacar que, la empresa no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo que disminuya la ocurrencia de fallas.

2.16.10. Deficiencias en la Seguridad Industrial

Dentro del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial no existe un programa de seguridad que garantice la prevención de riesgos laborales. Cabe destacar que, a pesar de que existen equipos de protección personal, poseen oportunidades de mejora: solamente se emplean algunos.

2.17. Herramientas de Análisis

A continuación, se muestran las herramientas empleadas para el levantamiento de informaciones relacionadas con las problemáticas descritas en los puntos anteriores.

2.17.1. Encuestas y Entrevistas

Para la recolección de informaciones relacionadas con el proceso de producción de calcio se llevó a cabo la realización de entrevistas. Además, se efectuó una

encuesta; la cual, se aplicó en los operarios; pues, los mismos conocen en detalle cada una de las operaciones del proceso.

Para efectuar la encuesta se determinó el tamaño de la muestra, en base a la población que representan los operarios del Laboratorio Cris Industrial; la cual, consta de un total de 6 empleados. La fórmula para determinar el tamaño de la muestra, basado en poblaciones finitas como la de los operarios del Laboratorio Cris Industrial, es la siguiente:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2Z^2}$$

Donde:

- n: tamaño de la muestra.
- N: tamaño de la población.
- σ : desviación estándar de la población.
- Z: valor constante determinado a partir de los niveles de confianza.
- e: error de la muestra.

Para el caso particular del Laboratorio Cris Industrial se asumió que el valor de la desviación estándar (medida de dispersión de los datos) es igual a 0.5. El nivel de confianza (porcentaje de que el valor de la media esté dentro del intervalo de confianza) que se utilizó es de 95%. A partir de este porcentaje se obtuvo el valor de z (encontrado en la tabla de distribución normal); el cual, equivale a 1.96. Además, se determinó el error de la muestra en base al nivel de confianza. El mismo

equivale a un 5%. Cabe destacar que, la definición de esos parámetros se realizó en base a los valores que se consideran aceptables para una investigación. Entonces:

$$n = \frac{(6)(0.5)^2(1.96)^2}{(6 - 1)(0.05)^2 + (0.5)^2(1.96)^2} = 5.92$$

De acuerdo con el cálculo, el tamaño de la muestra a utilizar en la encuesta resultó ser de 6 personas. Cabe destacar que la muestra es igual a la población, debido a que la misma es muy pequeña.

El formato de dicha encuesta se encuentra en el anexo 14, así como los resultados obtenidos de la misma.

2.17.2. Diagrama de Ishikawa

En el diagrama de Ishikawa, mostrado en el anexo 15, se contempla una de las problemáticas descritas anteriormente: Desperdicios en el proceso de producción de calcio. En el mismo, también se contemplan cada una de las posibles causas de dicha problemática.

De acuerdo con el diagrama de Ishikawa, las causas fundamentales que generan desperdicios en el proceso de producción de calcio son las siguientes:

- **Maquinarias:**

- Deficiencias en el mantenimiento de las maquinarias; lo que ocasiona pérdidas en la eficiencia y productividad del Laboratorio Cris Industrial.

- Fallas en las maquinarias; debido a que, las mismas no se encuentran en las condiciones adecuadas. Las fallas en las maquinarias son ocasionadas por las deficiencias en el mantenimiento.

- **Mano de Obra:**
 - Falta de capacitación de los operarios en cuanto a los procedimientos necesarios para la elaboración de productos de calidad.
 - Poca disponibilidad de operarios; pues, el Laboratorio Cris Industrial no cuenta con los operarios necesarios para el desempeño eficiente del proceso de elaboración de calcio; ocasionando así cuellos de botella en algunas operaciones.

- **Métodos:**
 - Documentación inadecuada de los procesos; pues, no se especifican las técnicas, métodos, herramientas y parámetros que se deben tener en cuenta durante el proceso de producción de calcio.
 - Carencia de estandarización de la dosificación de materias primas; lo que ocasiona pérdidas en la calidad de los productos, así como reprocesos (pulverización de producto semi-terminado no conforme).
 - Inexistencia de rangos de temperatura, necesarios para pasar de la operación de enfriado a la operación de envasado y/o pulverizado, dependiendo del proceso.

- Inspecciones excesivas del producto semi-terminado, ocasionadas por la inexistencia de parámetros específicos para la elaboración de calcio.
 - Transportes innecesarios de materiales y producto semi-terminado, debido a que las operaciones se encuentran distantes, lo que ocasiona pérdidas de tiempo y recursos.
- **Materiales:**
 - Empleo de materias primas inadecuadas (saborizantes líquidos) que generan operaciones excesivas; tales como: extrusión y horneado de la mezcla empleada en el proceso de elaboración de calcio en polvo.
 - **Instalaciones:**
 - Distribución inadecuada de las áreas de trabajo; pues, las áreas con mayor interacción se encuentran alejadas; lo que dificulta el flujo de materiales y producto terminado, de manera eficiente.

2.17.3. Técnica de los Cinco Porqués

A continuación, se contempla la técnica de los cinco porqués aplicada en el proceso de elaboración de calcio en polvo. En dicho proceso, se efectúan operaciones innecesarias que generan desperdicios (extrusión y horneado).

Problema: Extruir y hornear la mezcla empleada en el proceso de elaboración de calcio pulverizado.

- **¿Por qué se extruye y hornea la mezcla empleada en el proceso de elaboración de calcio, para posteriormente pulverizar la misma?**

Porque de lo contrario la mezcla se compactaría lo suficiente como para dificultar su inclusión en la máquina pulverizadora.

- **¿Por qué se compacta la mezcla?**

Porque se utilizan saborizantes líquidos; lo cual, provoca que la mezcla se humedezca, necesitando así la extrusión de la misma.

- **¿Por qué se utilizan saborizantes líquidos?**

Porque la empresa adquiere dichos materiales de un proveedor que solo cuenta con los mismos en estado líquido.

- **¿Por qué la empresa adquiere dichos materiales de ese proveedor?**

Porque existían conflictos entre la empresa y el proveedor de los saborizantes en polvo; por lo que se recurrió a cambiar de proveedor.

- **¿Por qué existían conflictos entre la empresa y el proveedor de saborizantes en polvo?**

Porque el proveedor no cumplía con las especificaciones establecidas por la empresa, en cuanto a calidad y precio de dichos materiales.

Solución: Seleccionar el proveedor adecuado de saborizantes en polvo; garantizando que el mismo cumpla con las especificaciones establecidas por la empresa, en cuanto a calidad y precio de dichos materiales; con la finalidad de eliminar la necesidad de extruir la mezcla empleada en el proceso de elaboración de calcio pulverizado.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Estudio de Tiempos

El estudio de tiempos permite establecer el tiempo que tarda una actividad u operación determinada, bajo condiciones normales. El mismo, se emplea para evaluar los tiempos requeridos para la elaboración de una de las presentaciones de calcio del Laboratorio Cris Industrial: Calcio Granulado de 80 gramos. En el anexo 18, se presentan los resultados obtenidos del estudio de tiempos.

Para efectuar el estudio de tiempos se toman en cuenta 5 lecturas; con el fin, de garantizar la validez de los resultados. Las fórmulas empleadas para determinar cada uno de los elementos necesarios, se explican a continuación:

- Tiempo promedio, calculado en base a las cinco lecturas realizadas con un cronómetro.
- Tamaño del lote; el cual, está definido por el Laboratorio Cris Industrial.
- Calificación del desempeño; otorgada teniendo en cuenta las habilidades, consistencia, condiciones de trabajo y esfuerzo del operario a cargo de la actividad u operación. Para el caso de estudio, dicho valor oscila entre 0.75 y 1.00.
- Unidades por lote, obtenidas de dividir el total de gramos por lote entre la cantidad de gramos que hay en una unidad.

- Tiempo normal por lote, obtenido de la multiplicación del tiempo promedio y la calificación del desempeño, otorgada a los operarios del Laboratorio Cris Industrial.
- Tiempo normal por unidad, calculado a partir de la división entre el tiempo normal y las 752 unidades que se pueden producir en un lote.
- Tolerancia. La tolerancia empleada se contempla a continuación:

Tabla 5. Tolerancia para el Estudio de Tiempo del Proceso de Elaboración de Calcio Granulado.

Cálculo de Tolerancias	Tiempo Total
Recesos	20 minutos
Almuerzo	40 minutos
Total	60 minutos
Tolerancia	0.14

Fuente: Elaboración propia.

Para las tolerancias, se calcula el porcentaje que representa el tiempo improductivo sobre el tiempo disponible.

$$Tolerancia = \frac{60 \text{ minutos}}{(480 \text{ minutos} - 60 \text{ minutos})} = 0.14$$

- Tiempo estándar por lote que resulta de la suma del tiempo normal y tolerancia calculada anteriormente.
- Horas por lote, obtenidas de la división entre el tiempo total estándar y los minutos por hora (60 minutos).

Mediante el estudio de tiempo es posible determinar que existen cuellos de botella en las operaciones del proceso de elaboración de calcio granulado. La operación que representa el mayor cuello de botella es el envasado del producto; el cual, a su vez, afecta las operaciones siguientes de etiquetado y empaque (ocasionando cuellos de botella en las mismas).

Cabe destacar que la cantidad de lotes que se pueden producir por hora, obtenida del estudio de tiempos es irreal; pues, en el Laboratorio Cris Industrial se producen aproximadamente 6 lotes al día; lo cual, no concuerda con los resultados de dicho estudio. Al analizar con mayor profundidad se determinó el causal de dicha discordancia: el Laboratorio Cris Industrial produce calcio que, posteriormente almacena en tanques, sin llevar a cabo el envasado, etiquetado y empaque del mismo. Esto se debe a que, al existir deficiencias en esas operaciones, se inicia la producción de nuevos lotes antes de completar el lote inicial.

3.2. Análisis de la Productividad

Mediante el análisis de la productividad se determinan los resultados obtenidos en el proceso de elaboración de calcio del Laboratorio Cris Industrial. El cálculo de la productividad se efectúa en una de las presentaciones del calcio, analizadas anteriormente mediante el estudio de tiempos (Calcio granulado de 80 gramos). La productividad se determina en base a un solo factor: unidades producidas por horas trabajadas. A continuación, se presenta el cálculo de la misma.

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Salidas = unidades producidas por día = ((0.10 lotes/hora) x (8 horas) x (752 unidades/lote)) = 601 unidades.

Entradas = Recursos empleados para la elaboración del producto = 6 operarios que trabajan durante 8 horas = (6 x 8 = 48).

Entonces,

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas} = \frac{601 \text{ unidades/día}}{6 \text{ operarios} \times 8 \text{ horas/día}}$$
$$= 12.52 \text{ unidades por hora de trabajo}$$

El cálculo de la productividad se emplea para evaluar la situación actual del proceso de elaboración de calcio del Laboratorio Cris Industrial; así como para estimar los posibles resultados obtenidos a partir de la optimización de dicho proceso.

3.3. Distribución Actual de la Planta

La distribución actual del Laboratorio Cris Industrial se representa en el anexo 19. En el mismo, se puede observar la ubicación de cada una de las operaciones necesarias para la elaboración del calcio. También se contemplan las áreas predeterminadas para las operaciones necesarias para la elaboración de los demás productos. Al analizar las operaciones del proceso de elaboración de calcio es posible determinar que algunas de ellas (etiquetado y empaque) se encuentran

distantes del resto de las mismas, lo que ocasiona cuellos de botellas y desperdicios.

3.4. VSM Actual del Laboratorio Cris Industrial

El VSM o Mapa de Flujo de Valor ilustrado en el anexo 20 permite visualizar el proceso completo de elaboración de calcio, en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial. Esta herramienta contempla el proceso desde la demanda de los clientes, las actividades de la empresa con los proveedores, todas las operaciones del proceso y finalmente el envío de los productos a sus respectivos clientes.

A partir del VSM es posible apreciar que, en el proceso de elaboración de calcio granulado, existe un desperdicio de aproximadamente el 5% de la mezcla, ya que para la elaboración del pronóstico (750 unidades de 80 gramos) se requiere de un total de 60,000 gramos de materia prima. Extrusión y cernido son las operaciones, donde se puede observar dicha pérdida, ya que en la primera se desperdician aproximadamente 1,000 gramos de la mezcla y en la segunda se pierden alrededor de 2,000 gramos.

Cabe destacar que el pronóstico es calculado en base a las ventas totales del año anterior, sumado a un 10% que sirve para mantener las políticas de inventario establecidas para cada una de las materias primas y los productos terminados. Además, se asume que la demanda no tiene estacionalidad; es decir que, se mantiene constante durante todo el año.

El tiempo takt se calcula para determinar cuál es la frecuencia promedio que los clientes solicitan una unidad del producto en cuestión. El tiempo takt debe ser el objetivo de producción por unidad.

Tiempo disponible = 420 minutos / día

Demanda diaria = 93 unidades / día

$$Tiempo\ takt = \frac{420\ minutos/día}{93\ unidades/día} = 4.52\ minutos/unidad$$

3.5. Análisis del Caso de Estudio a partir del Método SLP

El objetivo de efectuar el análisis de la distribución en planta mediante el método SLP es obtener la disposición de las operaciones que optimice el proceso de producción de calcio; garantizando así la máxima eficiencia del mismo. Para llevar a cabo dicho análisis, es necesario determinar la distancia entre las operaciones, la relación entre cada una de las mismas, el flujo de materiales, entre otros. A continuación, se presenta la aplicación de esta herramienta.

3.5.1. Análisis Producto-Cantidad

Para determinar el tipo de distribución que necesita el proceso de producción de calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial se efectúa el análisis Producto-Cantidad. Las cantidades producidas de cada una de las presentaciones de calcio se contemplan en la tabla siguiente:

Tabla 6. Cantidades Producidas por cada Presentación.

No.	Descripción del Producto	Peso Neto (gramos)	Cantidad Requerida por Año (Unidades)	Cantidad Requerida por Año (Gramos)	Porcentaje de Participación
Producto 1	Calcio granulado sabor natural (fundas)	100	69,000	6,900,000	34%
Producto 2	Calcio granulado sabor natural (fundas)	80	36,000	2,880,000	18%
Producto 3	Calcio granulado sabor fresa (fundas)	80	25,500	2,040,000	13%
Producto 4	Calcio granulado sabor naranja (fundas)	80	19,000	1,520,000	9%
Producto 5	Calcio granulado sabor piña (fundas)	80	12,000	960,000	6%
Producto 6	Calcio granulado tutti frutti (frascos)	355	10,800	3,834,000	5%
Producto 7	Calcio granulado sabor natural (frascos)	355	5,800	2,059,000	3%
Producto 8	Calcio granulado sabor fresa (frascos)	355	5,000	1,775,000	2%
Producto 9	Calcio en polvo sabor fresa (frascos)	500	5,000	2,500,000	2%
Producto 10	Calcio granulado sabor naranja (frascos)	355	3,650	1,295,750	2%
Producto 11	Calcio en polvo sabor vainilla (frascos)	500	3,500	1,750,000	2%
Producto 12	Calcio granulado sabor piña (frascos)	355	3,300	1,171,500	2%
Producto 13	Calcio en polvo sabor chocolate (frascos)	500	2,800	1,400,000	1%
Producto 14	Calcio en polvo sabor natural (frascos)	500	2,500	1,250,000	1%
Total		4,195	203,850	31,335,250	100%

Fuente: Elaboración propia.

Para efectuar el análisis Producto-Cantidad se representan los productos con sus respectivas cantidades mediante gráficos de barras (diagrama de Pareto e histograma); los cuales, contemplan los productos en orden decreciente. El diagrama de Pareto elaborado para dicho análisis se representa en la figura 8.

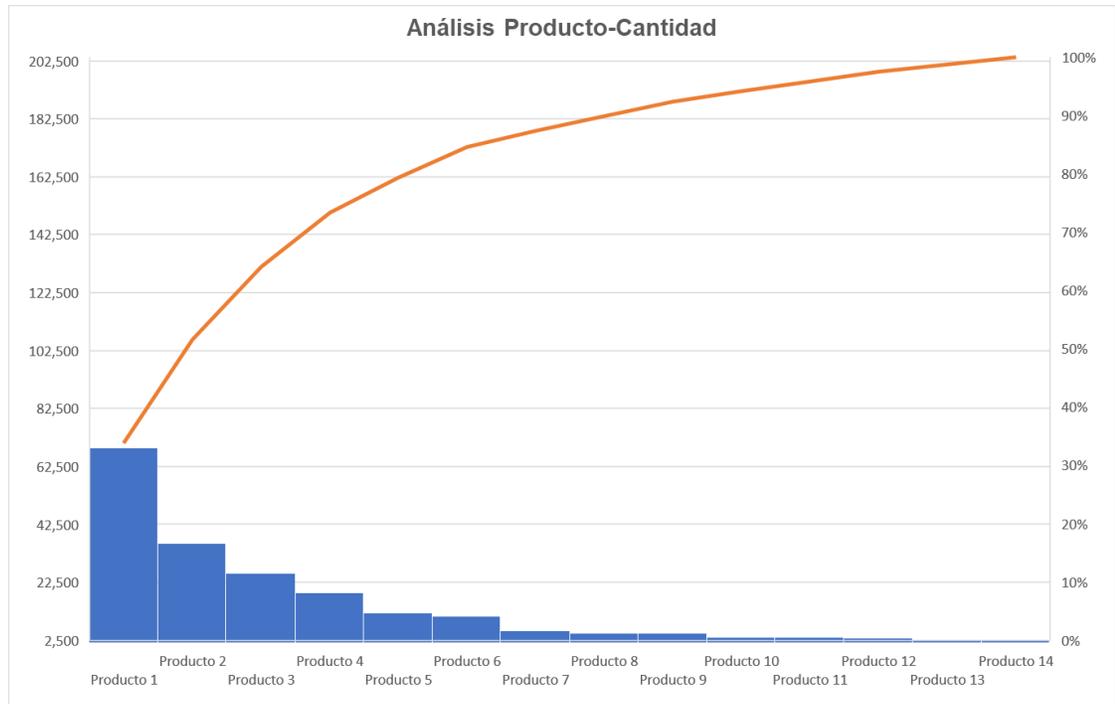


Figura 8. Diagrama de Pareto para el Análisis Producto-Cantidad.

Fuente: Elaboración propia.

Si efectuamos el análisis en base a los dos procesos de fabricación de calcio (granulado y en polvo), se obtiene lo siguiente:

Tabla 7. Cantidades Producidas por Cada Proceso.

No.	Descripción del Proceso	Cantidad Requerida por Año (Unidades)	Porcentaje de Participación
Proceso 1	Proceso de elaboración de calcio granulado	190,050	93%
Proceso 2	Proceso de elaboración de calcio en polvo	13,800	7%
Total		203,850	100%

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico resultante (histograma) es el siguiente:

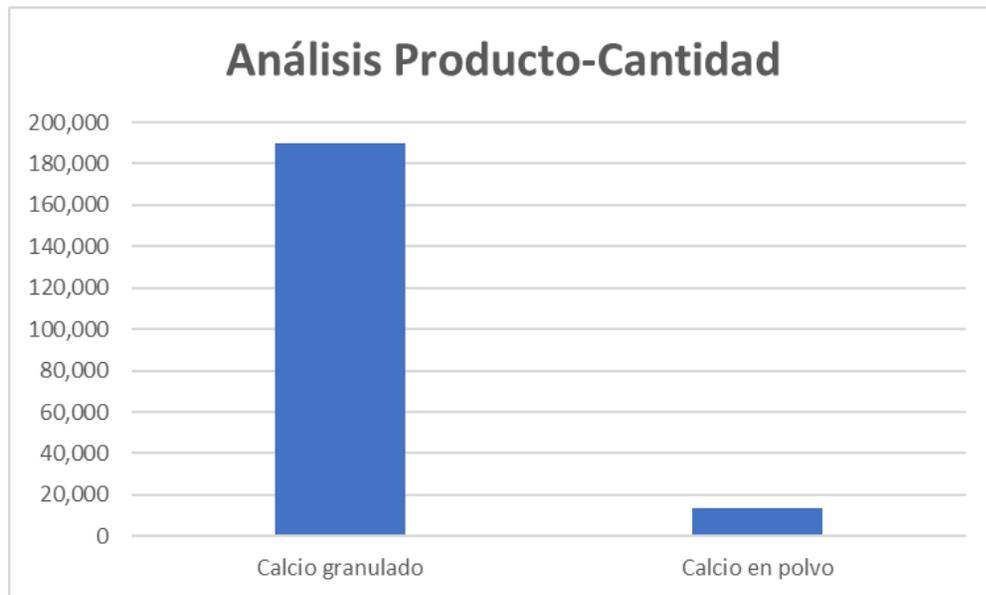


Figura 9. Histograma para el análisis Producto-Cantidad considerando dos categorías.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8 se observa que, algunos productos representan la mayor cantidad de unidades producidas. Estos productos poseen elevados flujos de materiales, lo que demanda una distribución por producto. Mientras que, aquellos productos que poseen pocas cantidades requieren una distribución por proceso. A partir de esto, se determina que el tipo de distribución que más se adapta al proceso de producción de calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial es la distribución combinada (distribución basada en células de fabricación flexible). Al analizar la figura 9; en la cual, se contemplan dos categorías que contienen cada uno de los productos, es posible llegar a la misma conclusión en base a las cantidades producidas para cada uno.

3.5.2. Análisis del Flujo de Materiales

Los desplazamientos de los materiales por las diferentes operaciones de cada uno de los procesos se representan mediante el diagrama de flujo y el diagrama de flujo de procesos, desarrollados en el capítulo anterior, tanto para el calcio granulado como para el calcio en polvo (ver Anexo 12, 13, 16 y 17).

En los anexos 21 y 22, se muestran diagramas de recorridos; en los cuales, se presenta con mayor claridad el flujo de los materiales por cada una de las actividades u operaciones, para los procesos de elaboración de calcio granulado y en polvo. Los recorridos están representados mediante líneas de color naranja, superpuestas en el diseño de la planta.

Mediante los diagramas de recorridos de los procesos de elaboración de calcio granulado y en polvo es posible observar, en mayor detalle, las distancias innecesarias entre cada una de las operaciones. Las operaciones de etiquetado y empaque son las que más generan transportes innecesarios, debido a su ubicación. A su vez, se puede observar que las mismas no se encuentran de manera secuencial; a partir de lo cual, se llega a la conclusión de que la línea de producción existente dificulta el flujo continuo de los materiales.

3.5.3. Análisis de las Relaciones entre Operaciones o Actividades

Para poder optimizar el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial es importante establecer la distribución y ubicación adecuada de cada una de las operaciones o actividades; pues, una distribución

inapropiada dificulta el manejo adecuado de materiales y el flujo de información. Cabe destacar que, se toman en cuenta tanto las actividades productivas como las de apoyo. Las diferentes áreas de trabajo dentro del Laboratorio Cris Industrial son:

- **Oficinas.** Las mismas contemplan lo siguiente: área de contabilidad, área de recursos humanos, oficina gerencial, salón de reuniones, entre otros.
- **Almacén 1.** Es uno de los almacenes de producto terminado del Laboratorio Cris Industrial.
- **Almacén 2.** Es el segundo almacén de producto terminado.
- **Almacén de azúcar.** En el mismo, se almacena el azúcar empleado en el proceso de elaboración de calcio.
- **Área de envasado de calcio.**
- **Área de producción de calcio.**
- **Área de pulverización de calcio.**
- **Almacén de materia prima.** En este almacén se encuentran tanto las materias primas del calcio como de los demás productos.
- **Área de dosificación.** En la misma, se efectúa la dosificación de las materias primas de todos los productos del Laboratorio Cris Industrial.
- **Área de cuarentena.** En esta se colocan los productos que no pueden ser distribuidos; ya sea por problemas de calidad o por riesgos de vencimiento.
- **Laboratorio de microbiología.** Se efectúa la inspección de las materias primas antes de ser ingresadas en los almacenes. Además, se analizan

muestras de los productos terminados, con el fin de verificar la calidad de los mismos.

- **Área de envasado 1.** En esta, se lleva a cabo el envasado de los repelentes elaborados por el Laboratorio Cris Industrial; la cual, por lo general, no se utiliza.
- **Área de envasado 2.** Es una de las áreas en las que se envasan los diferentes medicamentos: acetaminofén, metronidazol, trimetoprim, entre otros productos.
- **Área de purificación y almacenamiento de agua.** Se efectúa la purificación del agua empleada en los procesos productivos, así como en la desinfección de utensilios y espacios.
- **Área de etiquetado y empaque.** En la misma, se etiquetan y empacan todos los productos del laboratorio.
- **Área de producción 1.** Se produce toda la gama de productos, a excepción del calcio y los repelentes.
- **Almacén de material de empaque.** Es el almacén de todos los materiales empleados para el envasado, etiquetado y empaque de cada uno de los productos.
- **Área de envasado 3.** Constituye la segunda área de envasado de medicamentos.
- **Área de envasado 4.** Representa la segunda área de envasado de repelentes. La misma, posee capacidad suficiente para envasar todos los repelentes del laboratorio.

- **Área de producción 2.** Se lleva a cabo la producción de los repelentes.
- **Mantenimiento.**
- **Cuarto de utensilios.**
- **Sanitarios.**
- **Casilleros;** los cuales, son otorgados a los operarios, con el fin de que los mismos coloquen sus artículos personales.
- **Área de lavado.** En esta área, se esterilizan las herramientas y utensilios empleados para la elaboración de los diferentes productos.

Las relaciones existentes entre cada una de las áreas del Laboratorio Cris Industrial se presentan en el anexo 23.

En el anexo 24, se contempla un resumen de las relaciones existentes entre cada uno de los centros de actividades. Al establecer una comparación entre la distribución actual de las diferentes áreas del Laboratorio Cris Industrial y la relación existente entre las mismas, es posible determinar que en dicho laboratorio no existe una distribución que permita el flujo eficiente y continuo de los materiales, el personal y las informaciones a través de las operaciones de los diferentes procesos.

3.5.4. Diagrama de relaciones (Flujo de materiales y relación entre operaciones)

Mediante el diagrama de relaciones presentado en el anexo 25, se visualiza la ubicación de las diferentes áreas, teniendo en cuenta el flujo de materiales y la relación entre cada una de las mismas, en base a la información obtenida anteriormente. Las valoraciones de proximidad que se utilizarán en este diagrama son las siguientes:

Tabla 8. Valoraciones de proximidad.

Relación	Líneas en el diagrama
A	====
E	_____

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Niebel & Freivalds (2009)

Cabe destacar que en el diagrama de relaciones solamente se contemplan aquellas áreas cuya cercanía es absolutamente necesaria (A) y especialmente necesaria (E); con el fin de facilitar la diagramación e interpretación del mismo.

La ubicación de las áreas está definida en base a las informaciones obtenidas en las etapas anteriores; con el objetivo de minimizar los cruces entre las líneas que representan la necesidad de proximidad entre las áreas.

Mediante el diagrama de relaciones es posible determinar que el área de dosificación, de etiquetado y empaque, así como el almacén de material de empaque; necesitan una cercanía absoluta de cada una de las áreas de envasado de los diferentes productos; por lo que, se pretende evaluar la alternativa de definir una segunda área de etiquetado y empaque; poniendo especial énfasis en el producto principal: calcio en todas sus presentaciones. Además, se pretende determinar la factibilidad de establecer dos almacenes de material de empaque y dos áreas de dosificación. El objetivo de esto es lograr el flujo eficiente por las diferentes áreas, optimizando el proceso de producción de calcio, sin ocasionar consecuencias negativas en los procesos de los demás productos.

3.5.5. Requerimientos de Espacio y Espacio Disponible

Para determinar la nueva distribución de la planta es necesario establecer los requerimientos de espacio; con el objetivo de evaluar si se cuenta o no con los espacios necesarios.

Para la distribución de las diferentes áreas del laboratorio Cris Industrial se tomará en cuenta el espacio total disponible actual para evitar gastos asociados con expansiones de las plantas.

El espacio total disponible para la planta de calcio es de 56.19 m²; en los cuales se deben contemplar todas las áreas del proceso de producción de dicho producto. El espacio total disponible para la segunda planta es de 121.38 m² y, en esta, deben

contemplarse las áreas del proceso de producción del resto de los productos del laboratorio Cris Industrial.

Las áreas que no están contempladas en las dimensiones mencionadas anteriormente son las siguientes:

- Oficinas; las cuales poseen un área de 121.38 m² (Se encuentran en el segundo nivel de la segunda planta).
- Mantenimiento; la cual, posee un área de 48.78 m².

Para mejorar el flujo de materiales a través de las diferentes áreas con una necesidad de cercanía absolutamente necesaria se plantea el diseño de tres nuevas áreas: área de etiquetado y empaque de calcio, área de dosificación y almacén de material de empaque del mismo producto. Para diseñar dichas áreas, se llevará a cabo la reducción de los espacios actualmente definidos para algunas de las áreas; pues, se observó la existencia de espacios que actualmente no se utilizan. Además, se plantea eliminar una de las áreas de envasado para sustituirla por un almacén de producto terminado, representado en el diagrama como almacén 2. Se plantea sustituir dicha área, debido a que, mediante la observación y análisis, se determinó que la misma representa una capacidad ociosa dentro del laboratorio (capacidad instalada sin utilizar). Cabe destacar que, el antiguo almacén 2 pasaría a ser el nuevo almacén de material de empaque. La tabla relacional de actividades y el diagrama de relaciones que contempla dichas áreas se muestran en los anexos 26 y 27.

Las relaciones existentes entre los espacios disponibles y los requerimientos de espacio se muestran en el anexo 28.

3.5.6. Evaluación de Alternativas

Para optimizar los procesos en el Laboratorio Cris Industrial se evalúan dos alternativas:

- **Alternativa 1.** Redistribución de áreas actuales, considerando las mismas dimensiones.
- **Alternativa 2.** Redistribución de áreas existentes y habilitación de nuevas áreas, contemplando el espacio disponible.

Limitaciones en el Laboratorio Cris Industrial

Dentro de las limitaciones del proceso de producción de calcio del Laboratorio Cris Industrial, se encuentran las siguientes:

- Algunas áreas, tales como: área de lavado, área de cuarentena, laboratorio de microbiología y mantenimiento, deben estar alejadas del área de producción y de los diferentes almacenes.

Restricciones en el Laboratorio Cris Industrial

Dentro de las restricciones en el Laboratorio Cris Industrial, están las siguientes:

- Recursos económicos que dificultan la adquisición de nuevos equipos y la expansión de las plantas.

- Recursos humanos limitados para algunas operaciones de los procesos.
- Limitaciones de espacio.
- Resistencia de los pisos que dificultan la adquisición de maquinarias pesadas.
- La altura de los almacenes; la cual, limita la capacidad de almacenamiento de los mismos.
- El cumplimiento con las normativas legales nacionales; tales como: el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura Farmacéutica.

Análisis de Alternativas Mediante el Uso de CORELAP

Para evaluar las alternativas de distribución se utiliza el software CORELAP; el cual, permite obtener una distribución en la que, aquellas áreas con mayor necesidad de cercanía se encuentren con la mayor proximidad posible.

Para determinar la mejor distribución de planta se emplea la tabla relacional de actividades del anexo 23, para la alternativa 1; así como la tabla relacional de actividades del anexo 26 para la alternativa 2. A su vez, para el análisis se emplean los diagramas de relaciones presentados en los anexos 25 y 27; los cuales, contribuyen a determinar la mejor alternativa, mediante la comparación de los cruces de líneas entre cada una de las áreas presentadas en dichos diagramas.

En el anexo 29 se encuentran las áreas planteadas para cada alternativa, junto con su respectiva enumeración; con el fin de facilitar la identificación de las mismas.

Planteamiento de las Alternativas

En los anexos 30, 31, 32 y 33 se contempla el planteamiento de la alternativa 1 y la alternativa 2; en los cuales, se definen las diferentes áreas, el tamaño de las mismas, así como la relación existente entre cada una de ellas, tal y como se estableció en las tablas relacionales de actividades de los anexos 23 y 26.

Presentación de Resultados

En los anexos 34, 35, 36 y 37, se muestran las diferentes áreas ordenadas de acuerdo con la importancia de las mismas; determinada por el programa CORELAP en base a la relación de cercanía entre todas las áreas. El orden de importancia de las áreas se representa mediante el ratio total de proximidad (TCR). Cabe destacar que, si existen dos áreas con el mismo TCR, tendrá mayor importancia aquella área de mayor tamaño.

También, se contempla la relación existente entre la superficie requerida y la disponible. Para el caso de análisis, la superficie requerida es menor que la disponible, debido a que el espacio remanente representa los pasillos; los cuales, no están contemplados en el programa.

Iteraciones para las Alternativas

En los anexos 38 y 39 se representa una parte de las iteraciones; las cuales, muestran como ha trabajado el algoritmo utilizado por el programa. Los procesos iterativos empleados en el programa son: cálculo del orden en que se deben colocar las áreas y la posición más apropiada para colocar dichas áreas.

Distribución (Layout) Adecuada para las Alternativas

La distribución adecuada para cada una de las alternativas se presenta en los anexos 40 y 41.

Análisis de Alternativas

A partir del uso del software CORELAP es posible determinar la distribución más adecuada para cada una de las alternativas planteadas anteriormente. La productividad y eficiencia de los procesos del Laboratorio Cris Industrial se podría incrementar mediante la aplicación de cualquiera de las dos alternativas; pues, las mismas plantean la ordenación de las áreas de acuerdo con la importancia de la cercanía entre ellas. Sin embargo, mediante el análisis de los diagramas de relaciones de las dos alternativas (anexo 25 y 27) es posible determinar que, mediante la distribución de planta planteada en la alternativa 2, se disminuyen los cruces de líneas entre algunas de las áreas cuya cercanía es absolutamente necesaria. Por lo tanto, se reducen los transportes, los tiempos de operación y los costos asociados. La misma representa la mejor alternativa.

CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CALCIO DEL LABORATORIO FARMACÉUTICO CRIS INDUSTRIAL

4.1. Documentación del Proceso de Producción de Calcio Mediante el Uso de los Requisitos de la Norma ISO 9001-2015

Para la optimización de los procesos productivos es importante efectuar la documentación de los mismos; con el objetivo de garantizar su eficiencia y productividad. Mediante la documentación se pretende disminuir la variabilidad de los procesos; garantizando así el cumplimiento de los objetivos planteados.

En el anexo 42 se encuentra la propuesta de documentación del proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial.

Cabe destacar que, la codificación empleada en el formato posee el siguiente significado:

- DOC-MNF: Documento de manufactura.
- 0001: Enumeración del documento.

Además, el significado de la enumeración empleada en la versión es el siguiente:

- 001: Enumeración del documento.
- 111017: Representación del día/mes/año en que fue creado el documento.

4.2. Propuesta de Distribución de Planta del Laboratorio Cris Industrial

Mediante el análisis de cada una de las áreas del Laboratorio Cris Industrial, a partir del método SLP, se determinó que la distribución de planta que permite el flujo eficiente de los materiales, el personal y los productos es la contemplada en el anexo 43.

4.2.1. Diseño de Línea de Producción del Proceso de Elaboración de Calcio

El diseño de la línea de producción del proceso de elaboración de calcio se representa mediante los diagramas de recorridos presentados en los anexos 44 y 45, para el proceso de producción de calcio granulado y en polvo, respectivamente.

Al analizar los diagramas de recorridos basados en la propuesta de distribución de planta es posible observar la reducción en las distancias recorridas entre una operación y otra; pues, cada una de las operaciones necesarias para la elaboración de calcio se encuentran localizadas en la misma planta. A su vez, las operaciones se encuentran en un orden secuencial; lo que permite la reducción de los tiempos de producción.

La reducción en las distancias recorridas para el proceso de producción de calcio granulado y en polvo se visualiza claramente en los anexos 46 y 47.

4.2.2. Tiempo Estándar basado en la Propuesta de Distribución de Planta

La reducción en los tiempos asociados con el transporte, obtenida mediante la propuesta de distribución de planta, se contempla en el anexo 48.

El tiempo total estándar se redujo de 626.71 minutos a 621.53 minutos; optimizando así la línea de producción.

Para evaluar la reducción en los tiempos de producción es importante llevar a cabo el balanceo de la línea; con el fin de eliminar los cuellos de botella. Por lo tanto, el análisis de los tiempos se efectúa luego de dicho balanceo.

4.3. Balanceo de la Línea de Producción

Para la realización de la propuesta de balanceo de la línea de producción de calcio granulado del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, presentada en el anexo 49, se efectuaron varias iteraciones para determinar cuál es la opción más adecuada. también se tomó en consideración, la propuesta de redistribución de la línea, donde se redujeron distancias recorridas.

Para dicho balanceo se hicieron varios cálculos, como son:

1. Determinar el tiempo total de la realización de las tareas; el cual, es igual a 621.53 minutos. Se calcula con la suma-producto del tiempo de ejecución de cada operación y el número de empleados que la realizan.
2. Identificar el ritmo del cuello de botella: este es el tiempo mayor entre todas las operaciones; el cual, es igual a 311.11 minutos; sumatoria de algunas

operaciones secuenciales que realizan dos empleados; estas son: cernir el producto semi-terminado, envasar el producto semi-terminado, inspeccionar peso de envase, transportar producto al área de etiquetado y empaque.

3. Sumar el total de empleados de la línea (6 empleados).
4. Calcular el tiempo total disponible de trabajo. Éste se calcula tomando en consideración el total de empleados multiplicado por el ritmo del cuello de botella, lo que da como resultado 934.65 minutos disponibles de trabajo.
5. Luego, se calcula el balance actual de la línea. El porcentaje de balanceo de la línea se obtiene del cociente del tiempo total para la realización de las tareas y el tiempo total disponible de dicha línea. El porcentaje de balanceo de la línea de producción con la propuesta de reducción de distancias recorridas es igual a 66.5%.
6. Se recurre a ajustar el cuello de botella de la línea; para ello, se toma en consideración el tiempo del cuello de botella y la productividad de la línea (igual a 66%). El cuello de botella ajustado es igual a 236.02 minutos.
7. El total de unidades producidas por hora, de calcio granulado de 80 gramos, es igual a 0.25 unidades. La misma se calcula dividiendo 60 minutos entre el ciclo de botella ajustado.
8. Las unidades producidas en un turno de 8 horas de trabajo en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial equivalen a 122 unidades por turno de trabajo. Se obtiene multiplicando el total de unidades producidas por hora, por 8 horas de trabajo diarias.

9. El total de unidades producidas por cada empleado en un día de trabajo es igual a 20.33 unidades. El mismo, se calcula dividiendo el total de unidades producidas por turno entre el total de empleados de la línea de producción.
10. Además, se tomó en consideración el costo de mano de obra por unidad producida; el cual, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Costo por unidad} = \frac{(\text{Cantidad de operarios})(\text{Salario diario})}{(\text{Unidades por turno})}$$

$$\text{Costo por unidad} = \frac{(6)(\text{RD}\$409.09)}{(122 \text{ unidades})} = \text{RD}\$20.12$$

Algunos de los datos tomados en consideración fueron los siguientes:

- Productividad de la línea:

$$\begin{aligned} \text{Productividad} &= 1 - \left(\frac{\text{Tolerancia hombre}}{\text{Tiempo total del turno}} \right) \\ &\quad + \left(\frac{\text{Tolerancia de Maquinaria}}{\text{Tiempo total del turno}} \right) \\ \text{Productividad} &= 1 - \left(\frac{0.14 \times 480 \text{ minutos}}{480 \text{ minutos}} \right) + \left(\frac{0.20 \times 480 \text{ minutos}}{480 \text{ minutos}} \right) \\ &= \mathbf{66.00\%} \end{aligned}$$

- Salario diario:

$$\text{Salario diario} = \frac{\text{Salario mensual}}{\text{Total de días laborables al mes}}$$

$$\text{Salario diario} = \frac{\text{RD}\$9,000}{22 \text{ días}} = \text{RD}\$409.09/\text{día}$$

- Tiempo de turno:

8 horas = **480 minutos.**

En la propuesta de balanceo de línea de producción de calcio granulado se realizaron 8 iteraciones:

- Primera iteración: contiene la situación actual de la línea de producción de calcio granulado del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial; la cual, fue detallada anteriormente.
- Segunda iteración: se propuso la incorporación de un empleado en las operaciones que representan el cuello de botella de dicha línea. Pero esta propuesta no es factible, ya que agregar un empleado en estas operaciones, provoca un incremento en los costos de mano de obra por unidad, de RD\$20.33 a RD\$23.47. Además, disminuye el balanceo de la línea de un 66.50% a un 57.00%.
- Tercera iteración: en esta iteración se agregan dos empleados; con lo que se reducen los costos por unidad producida de RD\$20.33 a RD\$11.52. Además, el balanceo de la línea aumenta de 66.50% a 116.15%.
- Cuarta iteración: se agregan tres empleados en el nuevo cuello de botella. Con esta decisión los costos por unidad se mantienen iguales (RD\$20.12) y el balanceo de la línea incrementa desde 66.50% a 66.59%.
- Quinta iteración: se incorporan cuatro empleados a la línea de producción de calcio granulado. Los costos por unidad de producto disminuyen de RD\$20.12 a RD\$16.77; el balanceo de la línea incrementa de 66.50% a 79.80%.

- Sexta iteración: en la línea de producción se agregan cinco empleados. El balanceo de la línea incrementa a 72.54% y los costos disminuyen a RD\$18.44.
- Séptima iteración: incorporación de seis empleados en la línea de producción. El balanceo de la línea incrementa de 66.50% a 83.24% y el costo por unidad de calcio granulado de 80 gramos, disminuye a RD\$16.10.
- Octava iteración: se agregan siete empleados a la línea de producción. Los costos por unidad de calcio producida disminuyen a RD\$14.53 y el porcentaje de balanceo de la línea, incrementa desde 66.50% 92.07%.

En conclusión, la mejor propuesta de balanceo de la línea de producción de calcio granulado de 80 gramos del laboratorio farmacéutico es la incorporación de dos empleados a la misma (tercera iteración), ya que esta decisión representa una significativa disminución de los costos de mano de obra por unidad (RD\$20.12 a RD\$11.52) y el balanceo de la línea es bastante significativo; el mismo incrementa desde 66.50% a un 116.15%.

4.3.1. Tiempo Estándar basado en la Propuesta de Distribución de Planta y Balanceo de Línea

La reducción en los tiempos asociados con los cuellos de botella (envasado y etiquetado), obtenida a partir de la propuesta de distribución de planta y el balanceo de línea, se contempla en el anexo 50.

Mediante la propuesta de distribución de planta y balanceo de línea se optimizó el proceso de producción de calcio granulado en un 29%.

4.4. Análisis de Productividad basado en la Propuesta de Distribución de Planta y Balanceo de Línea

Los resultados obtenidos en el proceso de elaboración de calcio del Laboratorio Cris Industrial, teniendo en cuenta la propuesta de distribución de planta y el balanceo de línea, se presentan a partir del cálculo de la productividad, contemplado a continuación:

Salidas = ((lotes/hora) x (8 horas) x (unidades/lote)) = (0.10 lotes / hora) x (8 horas) x (752 unidades / lote) = 842 unidades.

Entradas = 8 operarios que trabajan durante 8 horas (8 x 8 = 64).

Entonces,

$$\begin{aligned} \text{Productividad} &= \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}} = \frac{842 \text{ unidades/día}}{8 \text{ operarios} \times 8 \text{ horas/día}} \\ &= 13.16 \text{ unidades por hora de trabajo} \end{aligned}$$

Al comparar la productividad actual con la productividad basada en la propuesta, podemos reconfirmar la optimización del proceso de producción de calcio; pues, se observa un incremento en la misma.

Tabla 9. Productividad actual versus productividad basada en la propuesta.

Productividad Actual	Productividad basada en la Propuesta
12.52	13.16

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Aplicación de Herramienta Kanban en el Proceso de Producción de Calcio

La herramienta Kanban permite adaptar la demanda a la producción, reduciendo así los niveles de inventario. La aplicación de la herramienta Kanban en el Laboratorio Cris Industrial se efectúa mediante señalizaciones visuales que permitan el flujo de los materiales y productos necesarios en los momentos requeridos; con el fin de evitar la producción excesiva. La aplicación de esta herramienta se llevará a cabo en el proceso de elaboración de calcio granulado sabor natural de 80 gramos, teniendo en cuenta las propuestas descritas anteriormente.

4.5.1. Capacitación del Personal Acerca de la Filosofía Kanban

La capacitación del personal del Laboratorio Cris Industrial acerca de la filosofía Kanban pretende garantizar que el mismo cuente con las instrucciones necesarias para el cumplimiento de dicha filosofía. Además, a partir de la capacitación se pretende concientizar al personal acerca de los beneficios de aplicar Kanban.

Los programas de capacitación sugeridos para el Laboratorio Cris Industrial se definen a continuación:

- Instrucciones escritas en las que se describa claramente los conocimientos que necesita cada colaborador para cumplir con la filosofía Kanban.
- Instrucciones gráficas en las que el colaborador pueda visualizar de manera dinámica y sencilla cada uno de los lineamientos.
- Presentación de videos que permitan la comprensión del funcionamiento del proceso, facilitando así la adaptación del personal a la filosofía Kanban.

4.5.2. Recolección de la información necesaria para aplicar Kanban

Las informaciones necesarias para la correcta aplicación de Kanban son las siguientes:

- **Capacidad del proceso:**

La capacidad del proceso de producción de calcio granulado de 80 gramos, para cualquier variedad, teniendo en cuenta las propuestas de optimización descritas anteriormente, es de 842 unidades/día.

- **Requerimientos de los clientes:**

Mediante el análisis del flujo de valor (VSM), se determinaron las cantidades ordenadas por los clientes; las cuales son: 2,043 unidades mensuales; lo que equivale a 511 unidades semanales.

- **Disponibilidad de materiales:**

El Laboratorio Cris Industrial cuenta con niveles de inventario que, en ocasiones, están por encima o por debajo de los deseados. Es decir, el mismo compra los materiales sin tener en cuenta las unidades requeridas por los clientes.

4.5.3. Diseño del Sistema Kanban

Para garantizar los niveles de inventarios adecuados para el proceso de producción de calcio del Laboratorio Cris Industrial se establece lo siguiente:

- Adecuación del inventario al comportamiento real de la demanda, teniendo en cuenta el punto de reorden para los almacenes de materia prima y material de empaque, así como inventarios de seguridad (Control de Inventarios).
- Establecimiento de tarjetas Kanban de producción y de transporte.

Kanban asume que las unidades producidas cumplen con los estándares de calidad; lo cual, se obtiene mediante la implementación de la propuesta de documentación en base a la norma ISO 9001-2015 definida anteriormente; pues, a partir de la misma se garantiza el cumplimiento de las especificaciones del proceso.

4.5.4. Control de Inventarios

El nivel de inventario para los almacenes de materiales del Laboratorio Cris Industrial se calcula a partir de las siguientes informaciones:

- Demanda real del producto; la cual, es de 511 unidades semanales. Con la misma, se pretende determinar la demanda de cada uno de los materiales empleados para la elaboración del producto a evaluar. A este valor se le

añade el inventario de seguridad equivalente al 10% de la demanda real (51 unidades). Por lo tanto, el total de unidades que se van a producir es de 562 unidades semanales.

Para producir un lote de 60,220 gramos (equivalente, aproximadamente, a 752 unidades), contemplando un 5% de desperdicio, se requiere lo siguiente:

- 2,415 litros de agua; lo que equivale a 2,415 gramos.
- 2,982 gramos de fosfato de calcio tribásico.
- 57,834 gramos de azúcar refinada.
- 752 fundas.
- 752 prospectos.
- 752 cajas plegadizas.

Por lo tanto, para producir las 562 unidades requeridas semanalmente, se necesitan las siguientes cantidades:

- Agua: 1,804.83 gramos.
- Fosfato de calcio tribásico: 2,228.57 gramos.
- Azúcar refinada: 43,221.69 gramos.
- Fundas: 562 unidades.
- Prospectos: 562 unidades.
- Cajas plegadizas: 562 unidades.

Cabe destacar que, como el Laboratorio Cris Industrial cuenta con un área de purificación y almacenamiento de agua, no se contemplará en el cálculo del nivel de inventario.

- Punto de reorden; el cual, indicará el momento en el que deberá efectuarse la reposición de los materiales. Esto asume que los materiales solicitados serán entregados justo a tiempo y que se llevará a cabo la producción oportuna del producto, para evitar desabastecimiento. El punto de reorden se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Punto de reorden} = \text{demanda} \times \text{tiempo de entrega o Lead Time}$$

El Lead Time para cada uno de los materiales corresponde a 1 semana. Como el Lead Time es de 1 semana, el punto de reorden de cada uno de los mismos será equivalente a las cantidades requeridas. Esto significa que, el Laboratorio Cris Industrial deberá efectuar una orden cada vez que el inventario alcance las cantidades necesarias.

4.5.5. Tarjetas Kanban

Para mantener los niveles de inventario adecuados en el Laboratorio Cris Industrial se pretende diseñar dos tipos de tarjetas Kanban: Kanban de transporte y de producción. Dichas tarjetas se colocarán en contenedores diseñados para almacenar las cantidades necesarias para el cumplimiento de la producción.

Cabe destacar que, como el Laboratorio Cris Industrial no cuenta con codificación para los materiales, se asumirá la siguiente secuencia para los códigos:

- MP: Materia Prima.
- ME: Material de Empaque.
- 01: Tipo de Producto (Calcio Granulado de 80 gramos).
- 01: Tipo de Presentación (Sabor Natural).
- Los dos últimos dígitos numéricos representan cada uno de los materiales.

Kanban de Producción

Para garantizar el flujo justo a tiempo de los materiales se propone colocar tarjetas Kanban de producción, tanto en el almacén de materia prima y como en el almacén de material de empaque; las cuales, debe contener las cantidades específicas de cada una de las materias primas necesarias para producir las unidades requeridas. A partir de dichas tarjetas, el personal encargado del almacén le proporcionará al proveedor las cantidades establecidas en las mismas; con el fin de garantizar el nivel de inventario adecuado para la producción. La tarjeta Kanban de producción propuesta para cada uno de los materiales, se muestra en el anexo 51.

Kanban de Transporte

Se propone colocar las tarjetas Kanban de transporte en el área de producción de calcio, en la que se especifiquen las cantidades de materiales necesarias de los diferentes almacenes, para la producción de las unidades requeridas; así como cada una de las informaciones contenidas en las tarjetas Kanban de producción. Cuando el área de producción haya consumido las cantidades solicitadas, la tarjeta

Kanban se enviará de nuevo a los almacenes en busca de nuevas cantidades. El diseño de la misma se muestra en el anexo 52.

4.5.6. Mantenimiento y Mejora Continua del Kanban

La aplicación de la filosofía Kanban permite manejar niveles mínimos de inventario, reduciendo así los costos asociados con el mantenimiento de inventario y las pérdidas por obsolescencia. Para garantizar el cumplimiento de la filosofía Kanban se plantea llevar a cabo una serie de actividades:

- Efectuar auditorías con una frecuencia mensual; con el objetivo de asegurar la correcta ejecución de la filosofía Kanban.
- Asegurar la participación de todos los empleados en el mantenimiento continuo de la filosofía.
- Garantizar la actualización de los parámetros necesarios para el buen funcionamiento del Kanban.
- Evaluar y divulgar los resultados obtenidos a partir de la filosofía Kanban.

4.6. VSM Propuesto del Laboratorio Cris Industrial

El anexo 53 constituye el VSM propuesto para el proceso de fabricación de calcio granulado en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial. En el mismo, se propone una disminución en el número de unidades producidas. En la actualidad se producen 750 unidades semanales de calcio granulado de 80 gramos. Se propone producir 562 unidades semanales; en estas se contemplan 511 unidades demandadas por los clientes más 51 unidades de calcio granulado; las cuales,

representan una propuesta de política de inventario de seguridad, tal como se especificó en el diseño del kanban.

Con esta propuesta se obtiene una disminución de los tiempos improductivos del proceso. Además, se obtiene la reducción de dos de los siete desperdicios de la filosofía Lean Manufacturing: sobreproducción y exceso de inventario.

4.7. Propuesta de Sistema de Mejora Continua (Kaizen) en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

Para lograr obtener en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, una cultura de mejora continua es indispensable cumplir con dos aspectos:

1. Inducir a todo el personal acerca de la filosofía Kaizen.
2. Determinar o examinar las oportunidades de mejora.

Para determinar problemas u oportunidades de mejora se recurrirá a la utilización de la herramienta Ciclo PDCA o Ciclo de Deming. El mismo consiste en la aplicación de los siguientes pasos:

1. Planificar/Plan:

En esta etapa se lleva a cabo un levantamiento de datos e informaciones para determinar las irregularidades del proceso o sistema que se desea mejorar. Posteriormente, se hace un análisis de los datos e informaciones recolectadas. Finalmente, en esta etapa, se establecen los objetivos que se pretenden alcanzar de dicha mejora.

2. Hacer/Do:

Se realizan las propuestas de solución e implementación de la mejora que se desea efectuar.

3. Verificar/Check:

Se miden o comprueban los resultados de las propuestas implementadas para asegurar el logro de los objetivos planteados. En caso de que los resultados obtenidos no se apeguen a los objetivos, se debe regresar al paso anterior.

4. Actuar/Act:

Luego de comprobar que los resultados de la implementación se apegan a los objetivos, se recurre a estandarizar la propuesta de mejora; con la finalidad de asegurar que la oportunidad de mejora en cuestión se mantenga bajo la filosofía de mejora continua o Kaizen.

Para esta etapa se propone un reporte de implementación de Kaizen, contemplado en el anexo 54, para evitar la desvalorización de pequeños aportes que pueden cambiar significativamente la cultura del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial.

CONCLUSIONES

La optimización de procesos permite la reducción de los desperdicios; obteniendo así un incremento en la productividad y eficiencia de los mismos; lo cual, es posible a partir del empleo de diversas herramientas; tales como: VSM, Kanban, Kaizen, SLP, entre otras. Mediante el análisis del proceso de producción de calcio del Laboratorio Cris Industrial, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El proceso de producción de calcio posee diversas fuentes de desperdicios; las cuales son: carencia de documentación adecuada; inexistencia de parámetros específicos en operaciones como dosificación y enfriado; cuellos de botella en las operaciones de envasado y etiquetado, ocasionados por la excesiva producción de unidades; transportes innecesarios de materia prima y producto semi-terminado; falta de capacitación de los operarios en las operaciones del proceso; uso de materias primas inapropiadas que ocasionan sobreprocesos; deficiencia en la planificación de la producción de los productos; poca disponibilidad de operarios; entre otras.
- Mediante el empleo de herramientas estadísticas se determinaron las problemáticas dentro del proceso de producción de calcio. A partir de la técnica de los cinco porqués se determinó la causa raíz de uno de los sobreprocesos más significativos: extrusión de la mezcla empleada en el proceso de elaboración de calcio en polvo. Dicha causa raíz radica en el empleo de materias primas inadecuadas. Además, el diagrama de Ishikawa permitió determinar las causas principales de los desperdicios de los

procesos. Y, por otro lado, el diagrama de flujo de procesos facilitó la comprensión del proceso, mediante la representación gráfica de la secuencia en las operaciones.

- Con el objetivo de mejorar la eficiencia de los procesos de elaboración de calcio granulado y en polvo, se definió una propuesta de documentación en base a la norma ISO 9001-2015; estableciendo los parámetros necesarios para la correcta ejecución de los procesos y, disminuyendo así los desperdicios y la variabilidad.
- A partir del uso de la herramienta VSM se visualizó el proceso desde todas las operaciones del mismo; abarcando la demanda de los clientes, las actividades entre la empresa y los proveedores, así como las operaciones necesarias para la transformación de la materia prima en producto terminado. Los aportes de esta herramienta radican en el establecimiento de una comparación entre la situación actual del proceso y la propuesta, mediante la cual se visualiza una disminución de los tiempos improductivos, sobreproducción y exceso de inventarios.
- En la búsqueda de optimizar el proceso de producción de calcio se recurrió al uso de la herramienta SLP; con el fin de mejorar la distribución del Laboratorio Cris Industrial. Los posibles resultados de la implementación de esta herramienta son: reducción de las distancias entre las operaciones con mayor interacción, de 109.14 metros a 17.51 metros. Esta reducción permite la obtención de un tiempo estándar de 621.53 minutos (tiempo estándar actual: 626.71 minutos).

- Para garantizar el flujo eficiente de materiales y producto terminado por las diferentes operaciones del proceso, se planteó el diseño de una línea de producción, representada a partir de un diagrama de recorridos. En el diseño de la misma, se efectuó la distribución de las operaciones con un orden secuencial, permitiendo así la reducción de los tiempos de producción. Con el fin de eliminar los cuellos de botella existentes en las operaciones de envasado y etiquetado, se llevó a cabo el balanceo de la línea propuesta. Mediante el análisis de las operaciones se determinó que para el balanceo de dicha línea se necesita la incorporación de dos empleados; lo cual, disminuye los costos de mano de obra, de RD\$20.12 a RD\$11.52; incrementando así el balanceo de la línea, de un 66.50% a un 116.15%.
- Con el fin de adaptar la demanda a la producción se propuso la aplicación de la herramienta Kanban; la cual, permite la reducción de los niveles de inventario, así como la nivelación y control de la producción, mediante la producción de 562 unidades semanales; donde inicialmente se producían 750 unidades; garantizando así el cumplimiento de la demanda (511 unidades) y manteniendo un nivel mínimo de inventario.
- Para garantizar el cumplimiento de una filosofía de Mejora Continua se diseñó un sistema Kaizen. Para el mismo, se empleó el Ciclo PDCA; el cual, permite la disminución de las fallas y el incremento en la productividad.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de optimizar el proceso de producción de calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, se consideran las siguientes recomendaciones:

- Implementar las herramientas Lean, propuestas en este trabajo de investigación; con el objetivo de reducir los desperdicios.
- Garantizar el establecimiento de estándares de producción; así como el cumplimiento de los mismos, mediante auditorias constantes.
- Implementar programas de capacitación para los empleados; con el fin de garantizar el buen desempeño de sus funciones.
- Diseñar indicadores que permitan el control y monitoreo de las operaciones efectuadas en el Laboratorio Cris Industrial; evaluando así el cumplimiento e incumplimiento de los objetivos.
- Definir planes de mantenimiento preventivo que disminuyan las paradas de planta no planeadas.
- Establecer un programa de seguridad que garantice la reducción y prevención de los accidentes laborales.
- Mejorar la comunicación entre las áreas críticas de la empresa; con el fin de garantizar la alineación de las mismas.
- Garantizar la mejora continua de las operaciones dentro del Laboratorio Cris Industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- A.D.A.M. (05 de septiembre de 2017). *Suplementos de Calcio*.
Obtenido de Medline Plus:
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/007477.htm>
- Acuña, J. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Alcalde, P. (2007). *Calidad*. Madrid: Paraninfo.
- Arndt, P. (2005). *Just in Time: El sistema de Producción Justo a Tiempo*. GRIN Verlag.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la Cadena de Suministro*. México: Pearson Educación.
- Berenson, M., Levine, D., & Krehbiel, T. (2006). *Estadística para Administración*. México: Pearson Educación.
- Cabrera, R. (2012). *Lean Six Sigma TOC. Simplificado . PYMES*.
- Casanova, M. C. (2010). *Diseño de Complejos Industriales*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Chang, R., & Niedzwiecki, M. (1999). *Las Herramientas para la Mejora Continua de la Calidad*. Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.

- Chao, L., & Castaño, J. (1993). *Estadística para las Ciencias Administrativas*. McGraw-Hill.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros*. Mexico: McGraw-Hill.
- Chase, R., Robert, J., & Aquilano, N. (2010). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*. México: MCGraw Hill.
- Cuatrecasas, L. (2016). *Claves del Lean Management en Tiempos de Máxima Competitividad: Cómo Gestionar en la Práctica una Empresa Altamente Competitiva*. Profit Editorial.
- *El Diagrama de Pareto: Qué es y Cómo se Construye*. (12 de julio de 2016). Obtenido de Ingenio Empresa: https://ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto/#Principio_de_Pareto
- Escudero, M. (2016). *El Proceso Productivo en la Industria Farmacéutica*. Obtenido de APTEAN: <http://www.aptean.com/es/assets/pdfs/resources/documents/ES-Factory-Whitepaper-Pharmaceutical-03082016.pdf>

- FAO. (2007). *Fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Control de los Alimentos. Directrices para Evaluar las Necesidades de Fortalecimiento de la Capacidad*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-a1142s.pdf>
- Fernández, M. (2014). *Atención Básica al Cliente*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Figuera, P. (2006). *Optimización de Productos y Procesos Industriales*. España: Ediciones Gestión 2000.
- Fleitman, J. (2008). *Evaluación Integral para Implementar Modelos de Calidad*. México: Editorial Pax México.
- Galgano, A. (1995). *Los Siete Instrumentos de la Calidad Total*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Gasca, J., & Zaragoza, R. (2014). *Designpedia. 80 Herramientas para Construir tus Ideas*. Madrid: LID Editorial.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw Hill.
- HealthKeeper. (28 de Marzo de 2016). *Nutrición: Diferencias entre el Azúcar Refinado y el Natural*. Obtenido de Axa Health Keeper: <https://www.axahealthkeeper.com/blog/nutricion-diferencias-entre-el-azucar-refinado-y-el-natural/>

- Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones*. México: Pearson Educación.
- INFADOMI. (2017). *Industrias Farmacéuticas Dominicanas, Inc.* Obtenido de Historia: Industrias Farmacéuticas Dominicanas: <http://www.infadomi.org/infadomi/historia>
- *Información Técnica y Comercial del Fosfato de Calcio Tribásico*. (s.f.). Obtenido de Cosmos Online: <https://www.cosmos.com.mx/wiki/fosfato-de-calcio-tribasico-44pj.html>
- Inza, A. U. (2006). *Manual Básico de Logística Integral*. Ediciones Díaz de Santos.
- *Kaizen Implementación*. (s.f.). Obtenido de Manufactura Inteligente: http://www.manufacturainteligente.com/kaizen_implementation/
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de Operaciones: Estrategia y Análisis*. México: Pearson Educación.
- Krajewski, L., Malhotra, M., & Ritzman, L. (2008). *Administración de Operaciones: Procesos y Cadenas de Valor*. México: Pearson Educación.
- Kume, H. (2002). *Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.

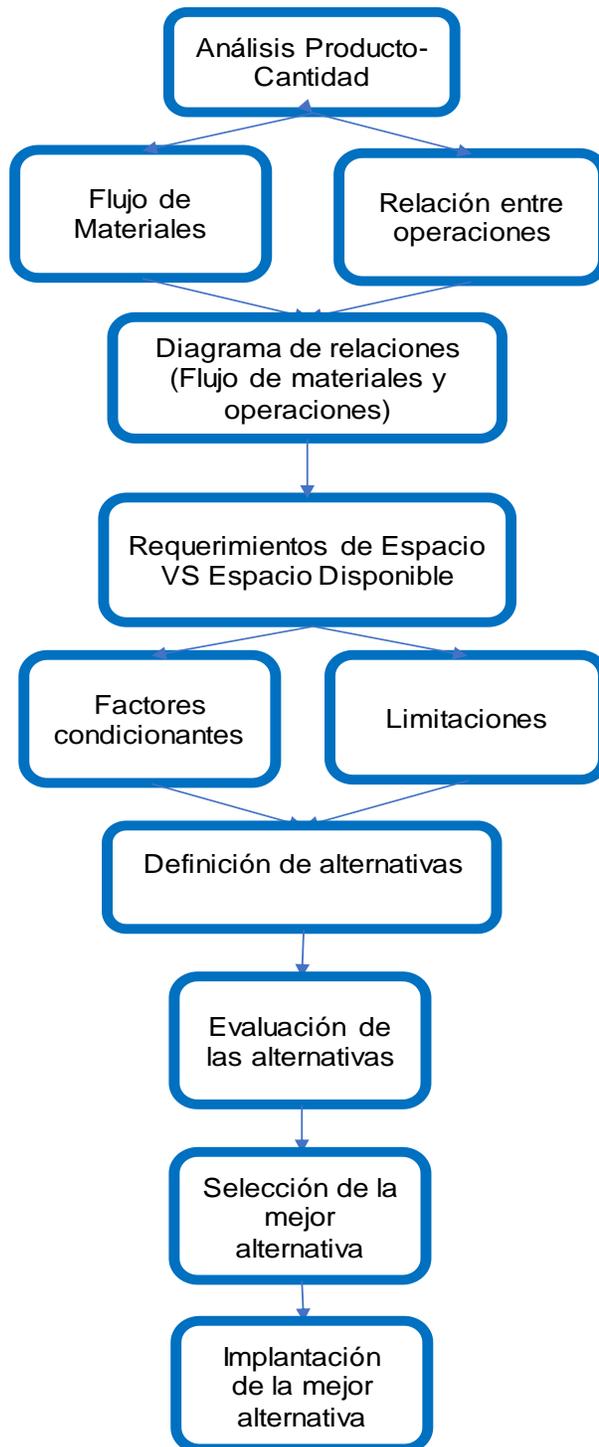
- Lozano, J. (2002). *Cómo y Dónde Optimizar los Costes Logísticos en el Sistema Integral de Operaciones y en las Diferentes Áreas de Actividad Logística*. Madrid: FC Editorial.
- Mautner, D., & Bischoff, K. (2004). *Análisis y Simulación de Procesos*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Meyers, F. (2000). *Estudios de Tiempos y Movimientos para la Manufactura Agil*. México: Pearson Educación.
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales*. Pearson Educación.
- Miranda, F., Chamarro, A., & Rubio, S. (2007). *Introducción a la Gestión de la Calidad*. Madrid: Delta Publicaciones.
- Mora, J. R. (2003). *Guía Metodológica para la Gestión Clínica por Procesos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Muther, R. (1968). *Planificación y Proyección de la Empresa Industrial: Método SLP*. Editores Técnicos Asociados.
- Muther, R. (1981). *Distribución en Planta*. Barcelona: Editorial Hispano Europea.
- Negrón, D. F. (2009). *Administración de Operaciones. Enfoque de Administración de Procesos de Negocios*. Mexico: Cengage Learning.

- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. México: McGraw.
- Obregón, M. (2016). *Fundamentos de Ergonomía*. México: Grupo Editorial Patria.
- Olavarrieta, J. (1999). *Conceptos Generales de Productividad, Sistemas, Normalización y Competitividad para la Pequeña y Mediana Empresa*. México: Universidad Iberoamericana.
- Pérez, J. (2010). *Gestión por Procesos*. Madrid: ESIC Editorial.
- Rajadell, M. (2009). *Creación de Empresas*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2011). *Lean Manufacturing. La Evidencia de una Necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2013). *Lean Manufacturing*. Bubok.
- Sacristán, F. (2005). *Las 5S: Orden y Limpieza en el Puesto de Trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Suárez, M. F. (2007). *EL KAIZEN: La Filosofía de Mejora Continua e Innovación Incremental detrás de la Administración por Calidad Total*. México: Panorama Editorial, S.A. de C.V.

- Van, J., & Wachowicz, J. (2002). *Fundamentos de Administración Financiera*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.
- Vanaclocha, A. C. (2004). *Diseño de industrias Agroalimentarias*. Madrid: S.A. MUNDI-PRENSA.
- Vilar, J. (2005). *Control Estadístico de los Procesos*. Madrid: FC Editorial.
- Vizán, A., & Hernández, J. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implantación*. Madrid: Fundación EOI.

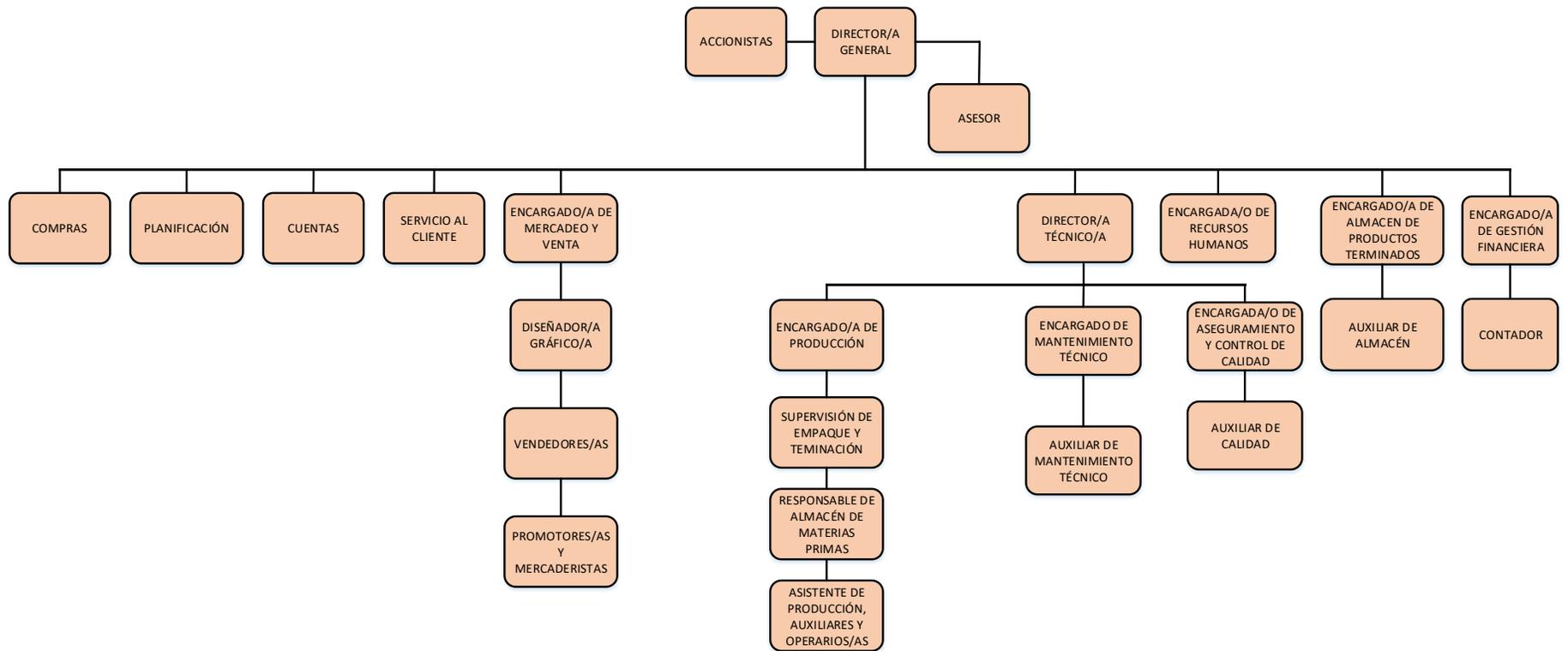
ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento para la Elaboración del Método SLP.



Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Muther (1968).

Anexo 2. Organigrama actual de la empresa.



Fuente: Laboratorio Cris Industrial.

Anexo 3. Gama de Productos del Laboratorio Cris Industrial.

Gama de Productos		
Analgésicos y antipiréticos	Acetaminofén en gotas (15 ml).	
	Acetaminofén en jarabe (60 ml y 120 ml).	
Antiparasitarios	Albendazol suspensión (10 ml).	
Mucolíticos	Ambroxol en jarabe (120 ml).	
	Bromhexina en jarabe (120 ml).	
Suplementos de calcio	Calcio granulado	Calcio granulado sabor fresa (80 gr y 355 gr)
		Calcio granulado sabor natural (80 gr, 100 gr y 355 gr).
		Calcio granulado sabor naranja (80 gr y 355 gr).
		Calcio granulado sabor piña (80 gr y 355 gr).
		Calcio granulado tutti frutti (355 gr).
	Calcio en polvo	Calcio en polvo sabor natural (500 gr)
		Calcio en polvo sabor vainilla (500 gr)
		Calcio en polvo sabor fresa (500 gr)
		Calcio en polvo sabor chocolate (500 gr)
Suplementos vitamínicos	Complejo B en jarabe (120 ml y 240 ml)	
Suplementos multivitamínicos	Lemavit (120 ml y 200 ml)	
Queratolíticos	Loción Lindano (60 ml y 120 ml)	
Laxantes	Leche magnesina (2 oz, 4 oz y 8 oz)	
Antigripales	Gripodex en jarabe (120 ml)	
	Pino blanco en jarabe (120 ml)	
Anticatarrales	Gomenol Cris en jarabe (120 ml)	
Repelentes	Repelente Citronela (2 oz y 4 oz)	
	Repelente Eucaliptus (2 oz y 4 oz)	
Antibióticos	Metronidazol suspensión (120 ml)	
	Trimetoprim sulfa cris (60 ml)	
Reguladores glandulares	Rábano yodado Cris (120 ml y 240 ml)	
Antiasmáticos	Salbutamol en jarabe (120 ml)	
Antiácidos	Gel Cris suspensión (120 ml)	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Leche de magnesio (laxante).



Fuente: Laboratorio Cris Industrial.

Anexo 5. Jarabe Hernanvit (antigripales).



Fuente: Laboratorio Cris Industrial.

Anexo 6. Calcio Cris (suplementos de calcio).



Fuente: Laboratorio Cris Industrial.

Anexo 7. Extracto de malta Cris (suplementos de calcio).



Fuente: Laboratorio Cris Industrial.

Anexo 8. Jarabe de Pino Blanco Cris (antigripales).



Fuente: Laboratorio Cris Industrial.

Anexo 9. Jarabe de Pino Blanco Cris (antigripales).



Fuente: Laboratorio Cris Industrial.

Anexo 10. Jarabe de Pino Blanco Cris (antigripales).



Fuente: Laboratorio Cris Industrial.

Anexo 11. Calcio Cris (calcio en polvo).

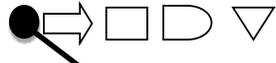
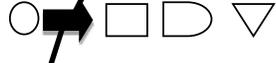
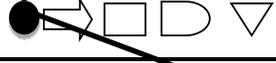


Fuente: Laboratorio Cris Industrial.

Anexo 12. Diagrama de Flujo de Procesos: Calcio Granulado.

Diagrama de Flujo de Procesos					
Actividad: Producción de Calcio Granulado.	Resumen				
Empieza en: Inspeccionar higiene del área.	Actividad	Cantidad	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Símbolo
Termina en: Empacar producto.	Operación	8	454.49	-	○
Método: Actual	Transporte	5	11.71	109.14	⇒
Analista:	Demora	2	34.23	-	D
Operador:	Inspección	5	103.91	-	□
Fecha:	Almacenaje	1	-	-	▽
Observaciones:	Total de actividades	21			
	Tiempo total	604.34			
	Distancia total	109.14			

Descripción de las actividades	Símbolos	Tiempo estándar (minutos)	Distancia (metros)	Recomendaciones al método
Inspeccionar higiene del área		5.15		
Seleccionar y dosificar la materia prima		14.57		
Transportar la materia prima al área de producción		4.06	68.97	
Mezclar la materia prima		9.71		
Inspeccionar la mezcla		1.19		
Transportar la mezcla a máquina extrusora		1.7	1.78	
Extruir la mezcla		60.37		
Inspeccionar producto semi-terminado		1.22		
Transportar producto semi-terminado al horno		0.21	2.63	
Hornear el producto semi-terminado		34.23		

Colocar producto semi-terminado en anaqueles		0.3		
Enfriar el producto semi-terminado		22.92		
Inspeccionar el producto semi-terminado		0.18		
Transportar producto semi-terminado al área de envasado		1.85	4.6	
Cernir el producto semi-terminado		1.2		
Envasar el producto semi-terminado		212.04		
Inspeccionar peso de envase		96.17		
Transportar producto semi-terminado al área de etiquetado y empaque		3.89	31.16	
Etiquetar producto semi-terminado		128.5		
Empacar producto semi-terminado		27.28		
Almacenar producto terminado		-		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13. Diagrama de Flujo de Procesos: Calcio en Polvo.

Diagrama de Flujo de Procesos					
Actividad: Producción de Calcio en Polvo.	Resumen				
Empieza en: Inspeccionar higiene del área.	Actividad	Cantidad	Tiempo (minutos)	Distancia (minutos)	Símbolo
Termina en: Empacar producto.	Operación	9	462.48	-	○
Método: Actual	Transporte	6	14.26	123.03	⇒
Analista:	Demora	2	34.23	-	⏸
Operador:	Inspección	5	103.91	-	□
Fecha:	Almacenaje	1	-	-	▽
Observaciones:	Total de actividades	23			
	Tiempo total	614.88			
	Distancia total	123.03			

Descripción de las actividades	Símbolos	Tiempo estándar (minutos)	Distancia (metros)	Recomendaciones al método
Inspeccionar higiene del área	○ → ■ □ ▽	5.15		
Seleccionar y dosificar la materia prima	● → □ □ ▽	14.57		
Transportar la materia prima al área de producción	○ → ■ □ ▽	4.06	68.97	
Mezclar la materia prima	● → □ □ ▽	9.71		
Inspeccionar la mezcla	○ → ■ □ ▽	1.19		
Transportar la mezcla a máquina extrusora	○ → ■ □ ▽	1.7	1.78	
Extruir la mezcla	● → □ □ ▽	60.37		
Inspeccionar producto semi-terminado	○ → ■ □ ▽	1.22		
Transportar producto semi-terminado al horno	○ → ■ □ ▽	0.21	2.63	
Hornear el producto semi-terminado	○ → □ ● ▽	34.23		

Colocar producto semi-terminado en anaqueles		0.3		
Enfriar el producto semi-terminado		22.92		
Inspeccionar el producto semi-terminado		0.18		
Transportar producto semi-terminado a la máquina pulverizadora		2.25	13.89	
Pulverizar producto semi-terminado		9.71		
Transportar producto semi-terminado al área de envasado		2.15	4.6	
Envasar el producto semi-terminado		212.04		
Inspeccionar peso de envase		96.17		
Transportar producto al área de etiquetado y empaque		3.89	31.16	
Etiquetar producto semi-terminado		128.5		
Empacar producto terminado		27.28		
Almacenar producto terminado		-		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14. Formato y resultados de encuesta cerrada.

Encuesta Cerrada

Encuestados: operarios.



Laboratorio Cris Industrial

Objetivo: Obtener información verídica acerca del proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial; con la finalidad de determinar las oportunidades de mejora dentro del mismo.

Seleccione la respuesta correcta, de acuerdo con su criterio.

1. ¿Cómo evalúa usted el ambiente laboral dentro del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial?

- a) Excelente.
- b) Bueno.
- c) Deficiente.
- d) Malo.

2. ¿Existe algún plan de capacitación enfocado a los operarios?

- a) Sí.
- b) No.
- d) No lo sé.

3. ¿Cuenta usted con los procedimientos necesarios para ejecutar sus actividades con excelencia?

- a) Siempre.
- b) Algunas veces.
- c) Nunca.
- d) N/A.

4. Si cuenta con procedimientos, ¿Existe algún tipo de documentación de los mismos?

- a) Sí.
- b) No.
- c) No lo sé.
- d) N/A.

5. ¿El Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial se mantiene implementando mejoras en sus procesos?

- a) Siempre.
- b) Casi siempre.
- c) A veces.
- d) Nunca.

6. ¿Cuenta usted con las herramientas necesarias para el desenvolvimiento de sus funciones?

- a) Siempre.
- b) Casi siempre.
- c) A veces.

d) Nunca.

7. ¿Existen operaciones innecesarias dentro del proceso de producción de calcio?

a) Sí.

b) No.

c) Tal vez.

d) No lo sé.

8. ¿Considera usted que la distribución y ubicación actual de las maquinarias es la más adecuada?

a) Sí.

b) No.

c) Tal vez.

d) No lo sé.

9. ¿Entiende usted que el flujo de materiales es el más adecuado?

a) Sí.

b) No.

c) Tal vez.

d) No lo sé.

10. ¿Existe algún tipo de desperdicio dentro del proceso de producción de calcio?

a) Sí.

b) No.

c) Tal vez.

d) No lo sé.

11. ¿Existe algún tipo de reproceso?

a) Sí.

b) No.

c) No lo sé.

12. ¿Entiende usted que el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial ofrece productos de alta calidad?

a) Sí.

b) No.

c) Tal vez.

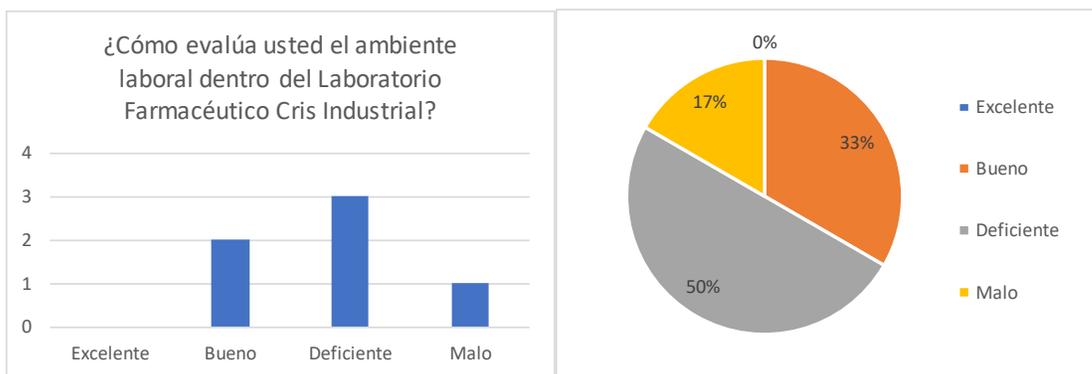
d) No lo sé.



Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
1. ¿Cómo evalúa usted el ambiente laboral dentro del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial?	Excelente	0	0.00%
	Bueno	2	33.33%
	Deficiente	3	50.00%
	Malo	1	16.67%
Total		6	100.00%



Análisis e interpretación:

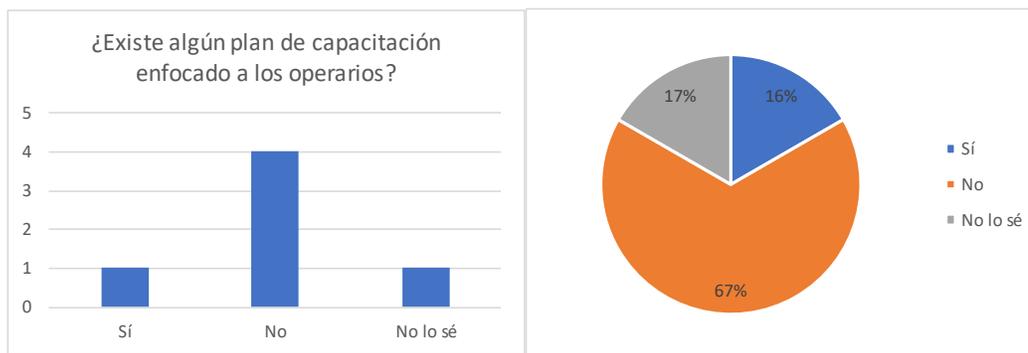
De un total de 6 encuestados, la mayor parte de los mismos (50%) considera que el ambiente laboral dentro del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial es deficiente.



Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
2. ¿Existe algún plan de capacitación enfocado a los operarios?	Sí	1	16.67%
	No	4	66.67%
	No lo sé	1	16.67%
Total		6	100.00%

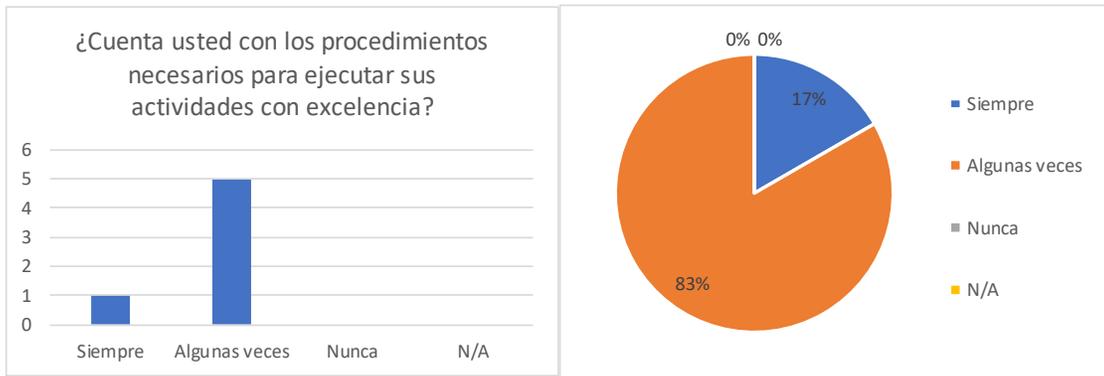


Análisis e interpretación:

De un total de 6 encuestados, la mayor parte de los mismos (67%) afirma que en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial no existen planes de capacitación enfocados a los operarios.



Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
3. ¿Cuenta usted con los procedimientos necesarios para ejecutar sus actividades con excelencia?	Siempre	1	16.67%
	Algunas veces	5	83.33%
	Nunca	0	0.00%
	N/A	0	0.00%
Total		6	100.00%



Análisis e interpretación:

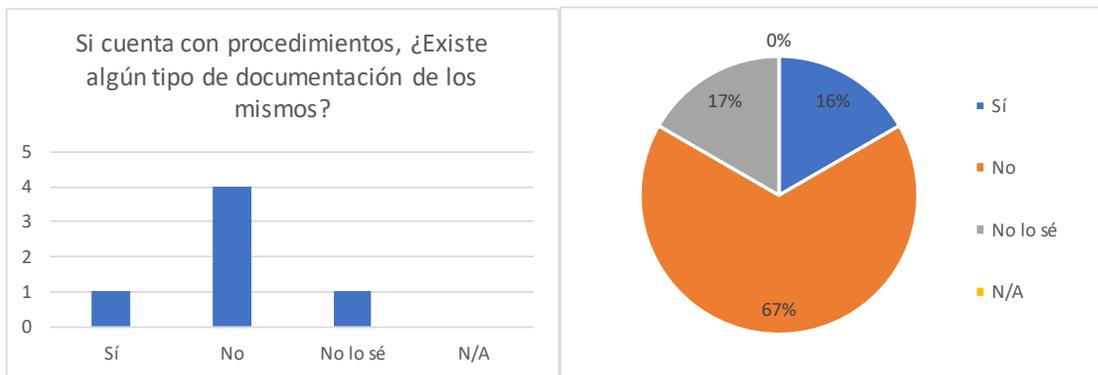
De un total de 6 encuestados, la mayor parte de los mismos (83%) destaca que no cuentan con los procedimientos necesarios para ejecutar con excelencia cada una de sus actividades u operaciones.



Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
4. Si cuenta con procedimientos, ¿Existe algún tipo de documentación de los mismos?	Sí	1	16.67%
	No	4	66.67%
	No lo sé	1	16.67%
	N/A	0	0.00%
Total		6	100.00%



Análisis e interpretación:

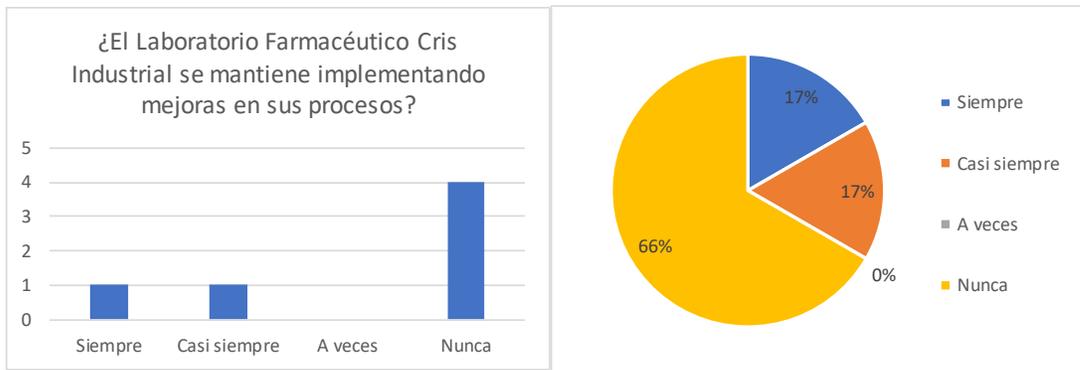
De un total de 6 encuestados, la mayor parte de aquellos que cuentan con procedimientos (67%) afirma que no existe documentación de los mismos.



Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
5. ¿El Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial se mantiene implementando mejoras en sus procesos?	Siempre	1	16.67%
	Casi siempre	1	16.67%
	A veces	0	0.00%
	Nunca	4	66.67%
Total		6	100.00%



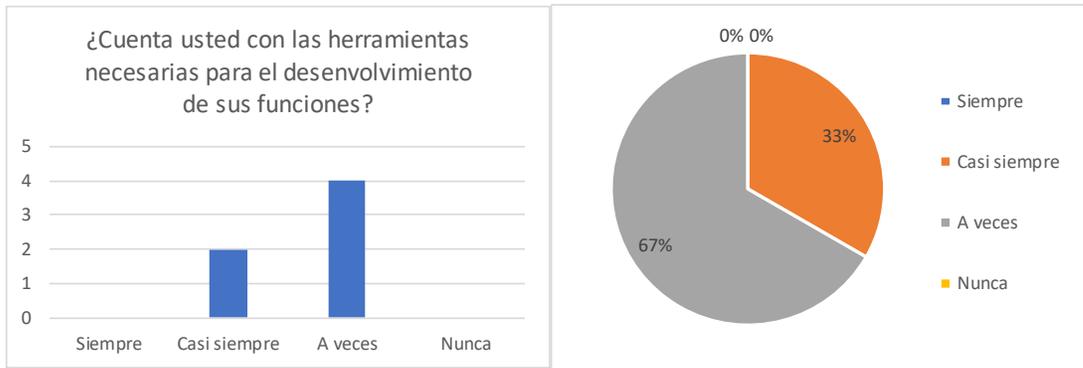
Análisis e interpretación:

De un total de 6 encuestados, la mayor parte de los mismos (66%) afirma que el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial posee deficiencias en cuanto a la implementación de mejoras.



Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
6. ¿Cuenta usted con las herramientas necesarias para el desenvolvimiento de sus funciones?	Siempre	0	0.00%
	Casi siempre	2	33.33%
	A veces	4	66.67%
	Nunca	0	0.00%
Total		6	100.00%



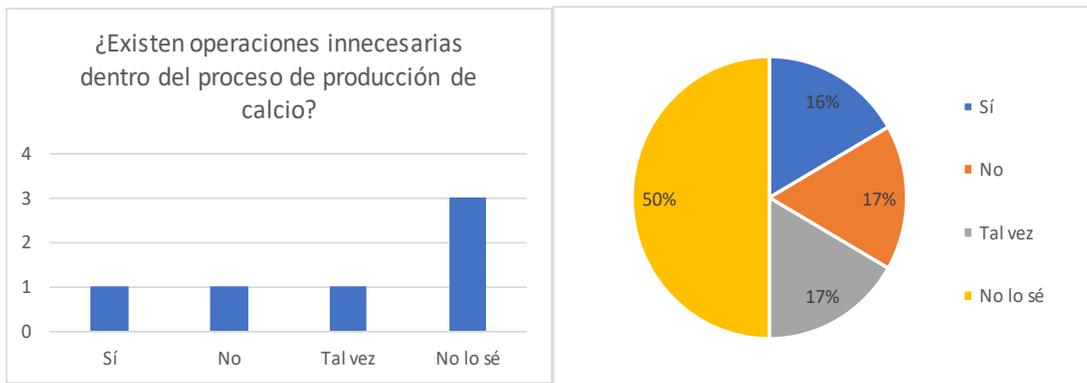
Análisis e interpretación:

De un total de 6 encuestados, la mayor parte de los mismos (67%) establece que en ocasiones cuenta con las herramientas necesarias para desempeñar sus funciones de manera adecuada.



Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
7. ¿Existen operaciones innecesarias dentro del proceso de producción de calcio?	Sí	1	16.67%
	No	1	16.67%
	Tal vez	1	16.67%
	No lo sé	3	50.00%
Total		6	100.00%



Análisis e interpretación:

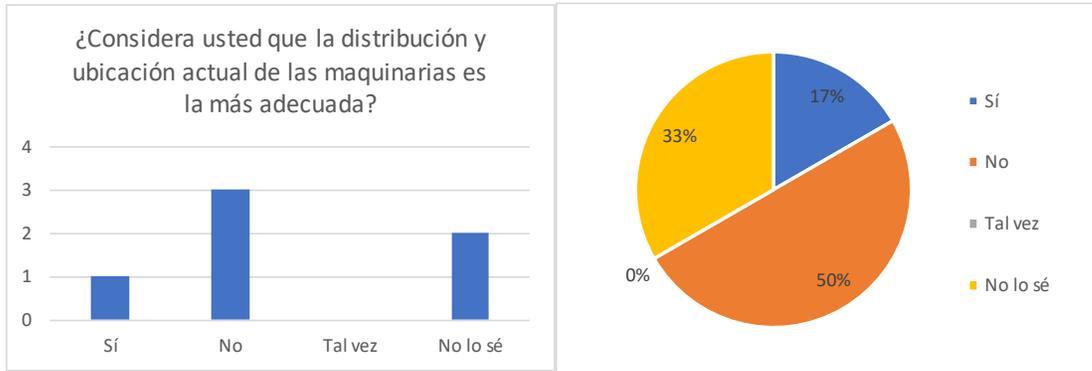
De un total de 6 encuestados, la mitad de los mismos no tiene claridad acerca de la existencia de operaciones innecesarias.



Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
8. ¿Considera usted que la distribución y ubicación actual de las maquinarias es la más adecuada?	Sí	1	16.67%
	No	3	50.00%
	Tal vez	0	0.00%
	No lo sé	2	33.33%
Total		6	100.00%



Análisis e interpretación:

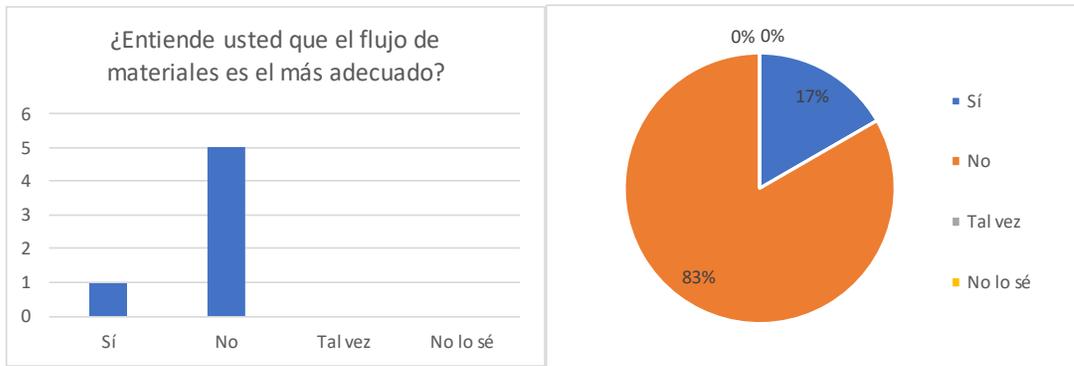
De un total de 6 encuestados, la mitad de los mismos entiende que existen oportunidades de mejora en cuanto a la distribución y ubicación de las maquinarias (no es la más adecuada).



Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
9. ¿Entiende usted que el flujo de materiales es el más adecuado?	Sí	1	16.67%
	No	5	83.33%
	Tal vez	0	0.00%
	No lo sé	0	0.00%
Total		6	100.00%



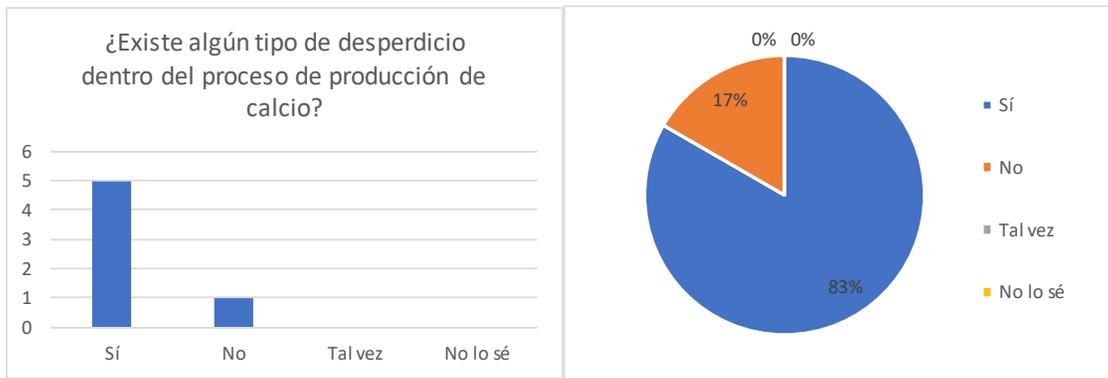
Análisis e interpretación:

De un total de 6 encuestados, la mayor parte de los mismos (83%) considera que el flujo de materiales no es el más adecuado.



Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
10. ¿Existe algún tipo de desperdicio dentro del proceso de producción de calcio?	Sí	5	83.33%
	No	1	16.67%
	Tal vez	0	0.00%
	No lo sé	0	0.00%
Total		6	100.00%



Análisis e interpretación:

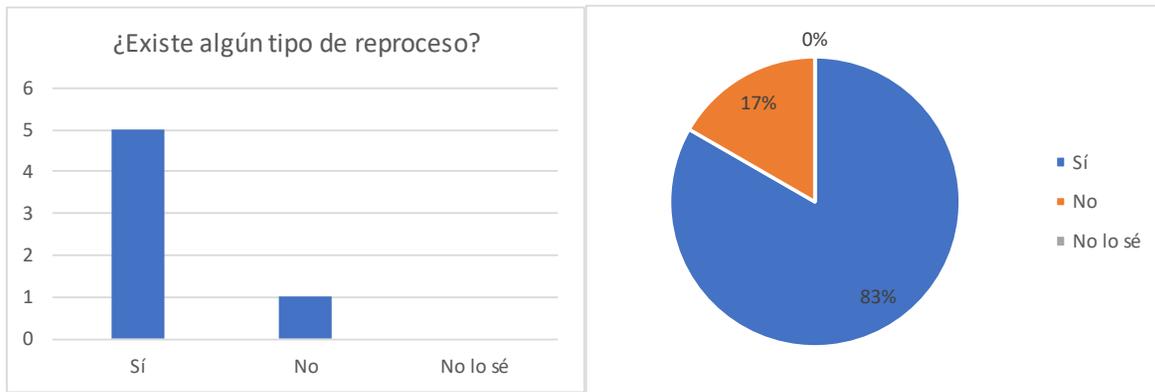
De un total de 6 encuestados, la mayor parte de los mismos (83%) es capaz de identificar y afirmar que existen desperdicios en el proceso de producción de calcio.



Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

Resultados Encuesta Cerrada

Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
11. ¿Existe algún tipo de reproceso?	Sí	5	83.33%
	No	1	16.67%
	No lo sé	0	0.00%
Total		6	100.00%



Análisis e interpretación:

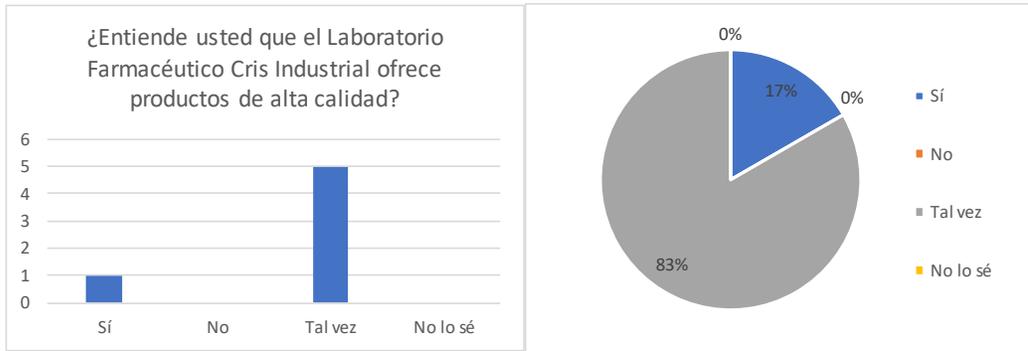
De un total de 6 encuestados, la mayor parte de los mismos (83%) establece que en el proceso de producción de calcio existen reprocesos.



Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial

Resultados Encuesta Cerrada

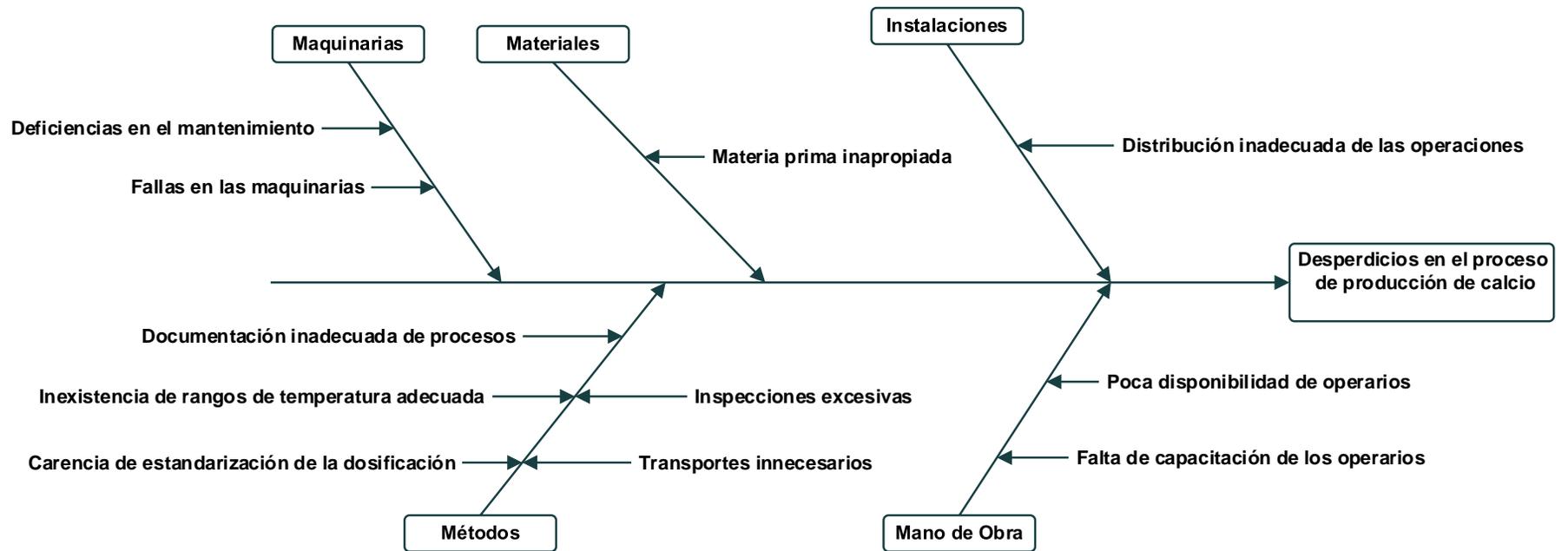
Pregunta	Respuestas	Frecuencia	%
12. ¿Entiende usted que el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial ofrece productos de alta calidad?	Sí	1	16.67%
	No	0	0.00%
	Tal vez	5	83.33%
	No lo sé	0	0.00%
Total		6	100.00%



Análisis e interpretación:

De un total de 6 encuestados, la mayor parte de los mismos (83%) considera que la calidad de los productos del Laboratorio Cris Industrial podría ser la adecuada.

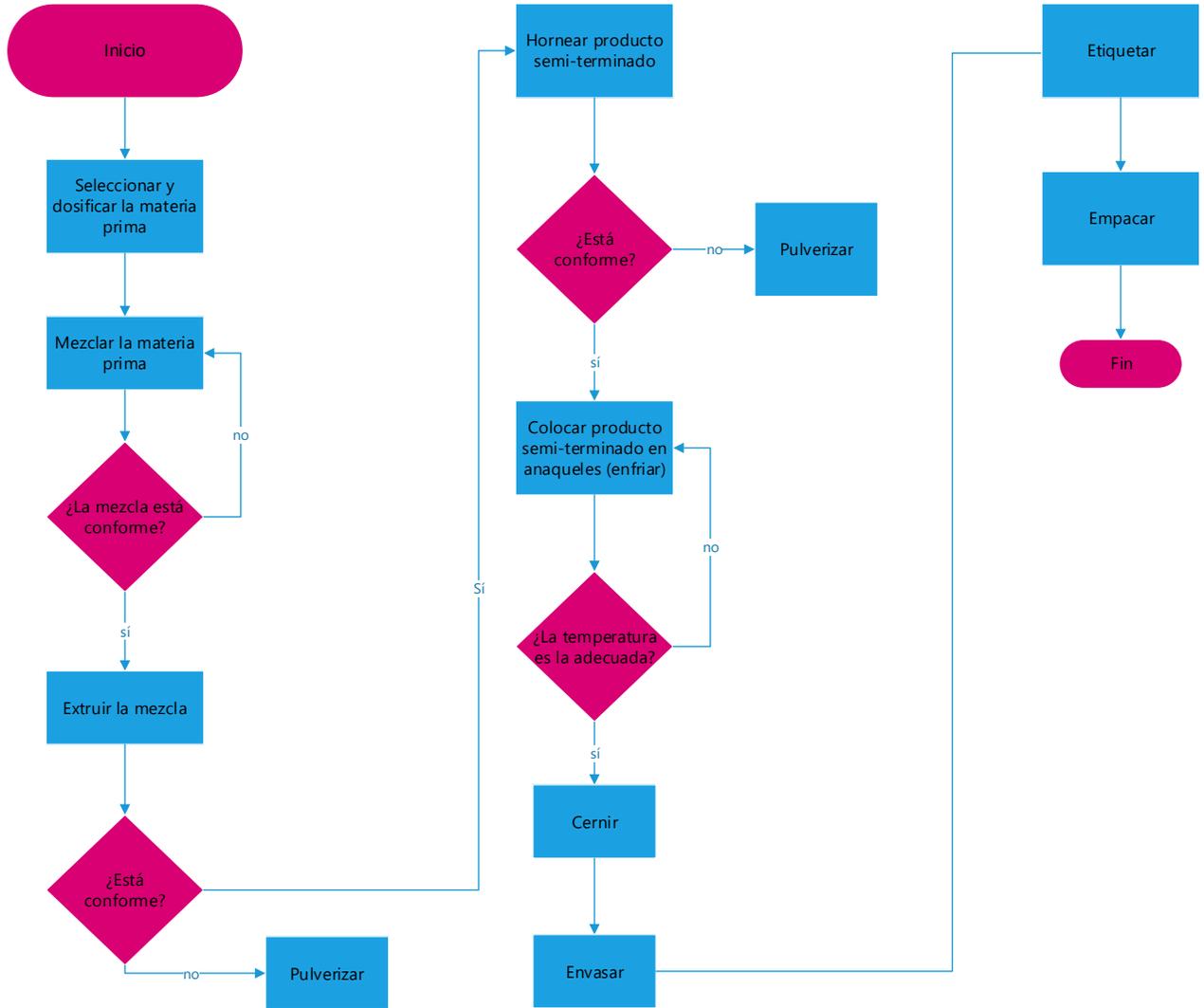
Anexo 15. Diagrama de Ishikawa.



Fuente: Elaboración propia.

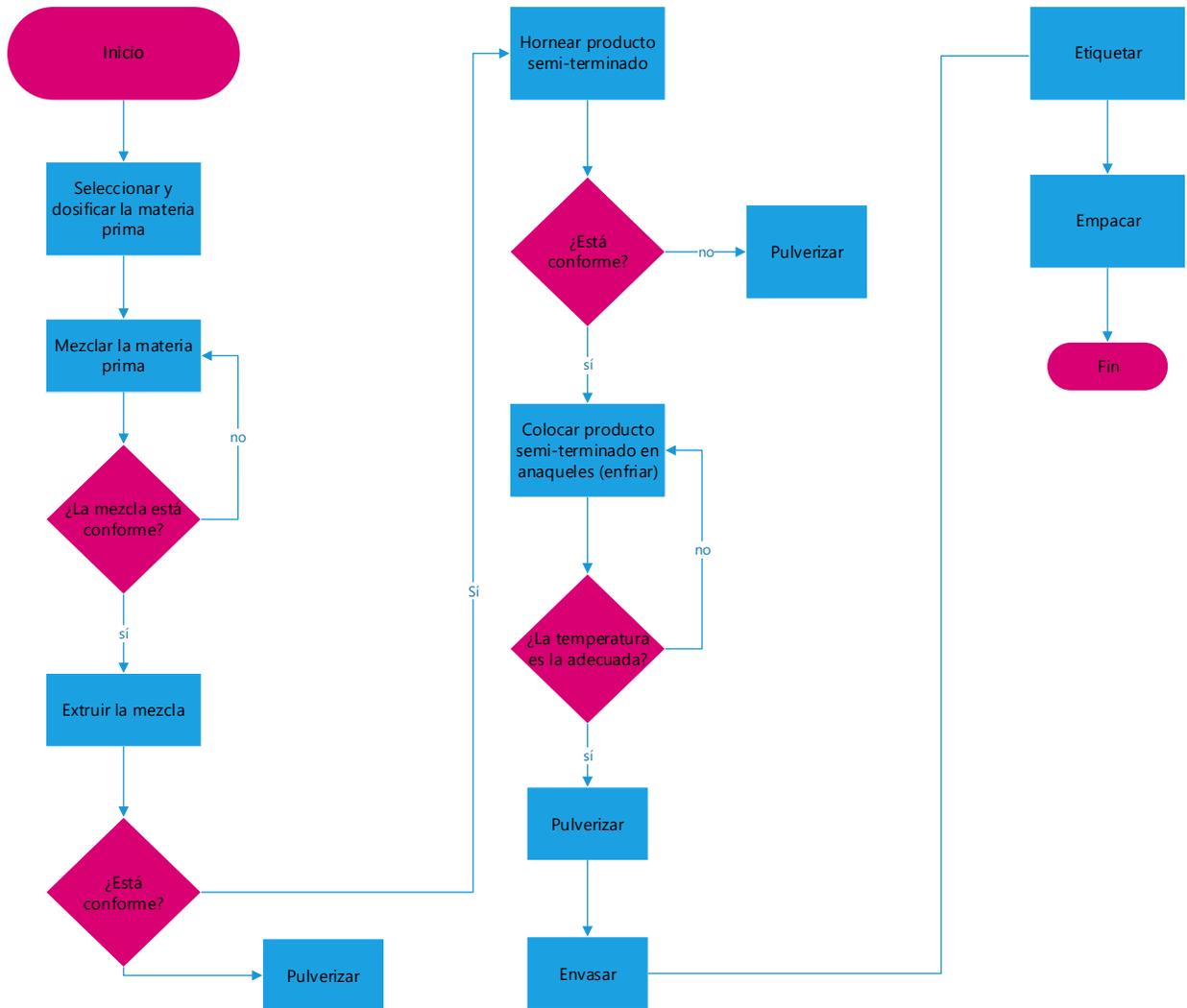
Anexo 16. Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración de Calcio

Granulado.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17. Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración de Calcio en Polvo.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18. Estudio de Tiempos del Proceso de Producción de Calcio Granulado.

Estudio de Tiempos del proceso de Elaboración de Calcio Granulado											
Descripción del Proceso:	Proceso de Elaboración de Calcio Granulado de 80 gramos.										
Tamaño del lote:	60.220 gramos					Unidades por lote:	752 unidades				
Descripción de la Actividad	Lecturas (minutos por lote)					Tiempo Promedio (por lote)	Calificación del Desempeño	Tiempo Normal (por lote)	Tiempo Normal por Unidad	Tolerancia	Tiempo Estándar (por lote)
	T1	T2	T3	T4	T5						
Inspeccionar higiene del área	5.00	5.02	5.05	5.03	5.00	5.02	0.90	4.52	0.0060	0.14	5.15
Seleccionar y dosificar la materia prima	15.00	15.06	14.98	15.09	15.04	15.03	0.85	12.78	0.0170	0.14	14.57
Transportar la materia prima al área de producción	3.55	3.56	3.58	3.48	3.63	3.56	1.00	3.56	0.0047	0.14	4.06
Mezclar la materia prima	10.00	9.98	9.94	10.08	10.08	10.02	0.85	8.51	0.0113	0.14	9.71
Inspeccionar la mezcla	1.16	1.25	1.38	1.14	1.19	1.22	0.85	1.04	0.0014	0.14	1.19
Transportar la mezcla a máquina extrusora	1.46	1.48	1.50	1.56	1.44	1.49	1.00	1.49	0.0020	0.14	1.70
Extruir la mezcla	66.00	66.26	66.30	66.11	66.33	66.20	0.80	52.96	0.0704	0.14	60.37
Inspeccionar producto semi-terminado	1.25	1.32	1.36	1.20	1.15	1.26	0.85	1.07	0.0014	0.14	1.22
Transportar producto semi-terminado al horno	0.15	0.18	0.13	0.21	0.23	0.18	1.00	0.18	0.0002	0.14	0.21
Hornear el producto semi-terminado	30.00	29.85	29.48	30.54	30.26	30.03	1.00	30.03	0.0399	0.14	34.23
Colocar producto semi-terminado en anaqueles	0.25	0.23	0.27	0.25	0.30	0.26	1.00	0.26	0.0003	0.14	0.30
Enfriar el producto semi-terminado	20.00	20.05	20.26	20.34	19.89	20.11	1.00	20.11	0.0267	0.14	22.92
Inspeccionar el producto semi-terminado	0.15	0.18	0.21	0.23	0.14	0.18	0.85	0.15	0.0002	0.14	0.18
Transportar producto semi-terminado al área de envasado	1.56	1.65	1.48	1.69	1.72	1.62	1.00	1.62	0.0022	0.14	1.85
Cernir el producto semi-terminado	1.02	1.06	1.15	1.23	1.10	1.11	0.95	1.06	0.0014	0.14	1.20
Envasar el producto semi-terminado	248.16	247.56	248.74	247.35	248.17	248.00	0.75	186.00	0.2473	0.14	212.04
Inspeccionar peso de envase	112.80	111.12	113.25	112.54	112.68	112.48	0.75	84.36	0.1122	0.14	96.17
Transportar producto al área de etiquetado y empaque	3.35	3.34	3.38	3.54	3.46	3.41	1.00	3.41	0.0045	0.14	3.89
Etiquetar producto semi-terminado	150.40	150.69	149.39	149.94	151.02	150.29	0.75	112.72	0.1499	0.14	128.50
Empacar producto terminado	28.35	28.39	28.78	27.89	27.35	28.15	0.85	23.93	0.0318	0.14	27.28
Tiempo total estándar:											
Horas por lote:							626.71				
Lotes por hora:							10.45				
Lotes por hora:							0.10				
Observaciones:											
Responsable:						Revisado por:			Aprobado por:		

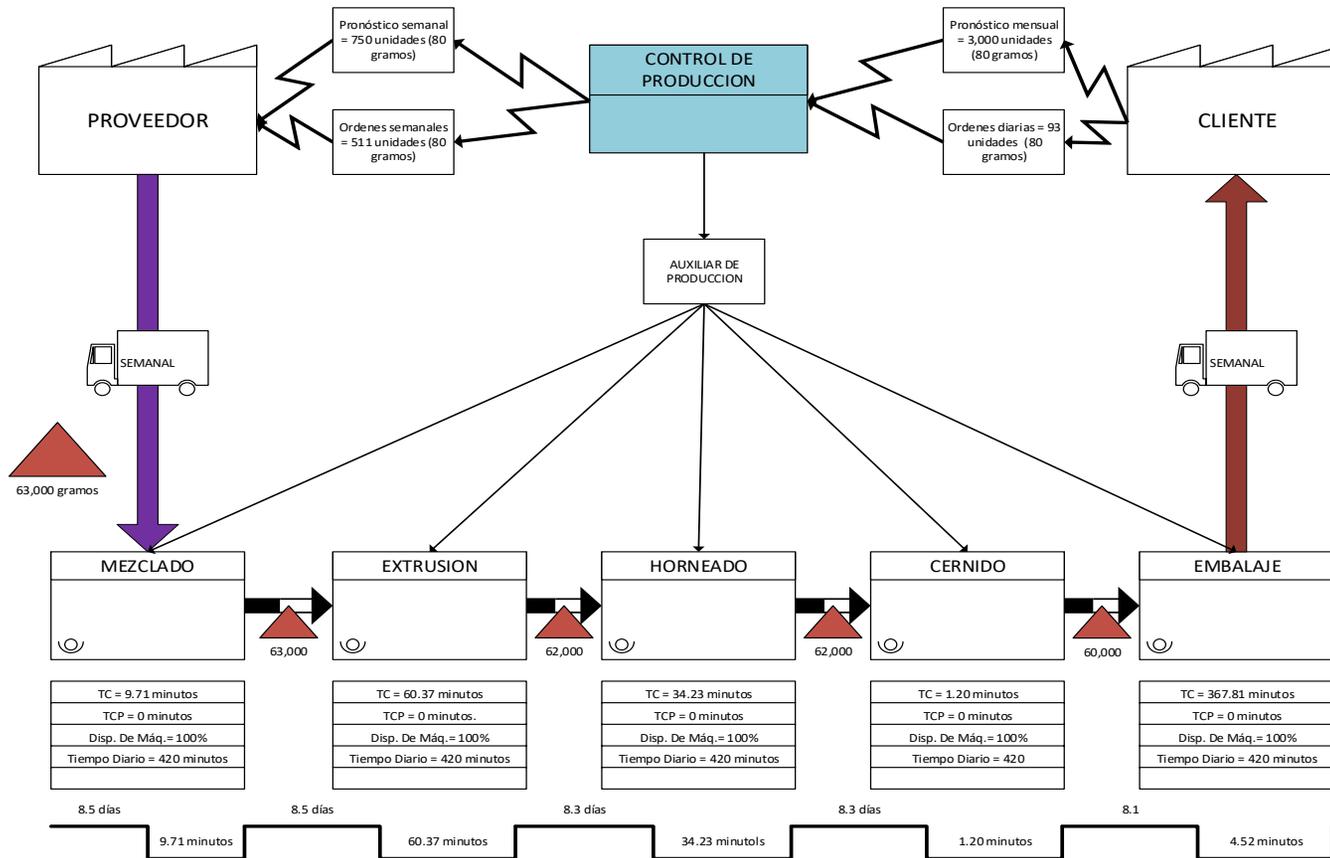
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19. Distribución actual del Laboratorio Cris Industrial.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20. VSM actual del Laboratorio Cris Industrial.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 21. Diagrama de Recorridos: Calcio Granulado.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 22. Diagrama de recorridos: Calcio en polvo.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 23. Tabla relacional de actividades aplicada al Laboratorio Cris Industrial.

1. Oficinas	
2. Almacén 1	
3. Almacén 2	
4. Almacén de azúcar	
5. Área de envasado de calcio	
6. Área de producción de calcio	
7. Área de pulverización de calcio	
8. Almacén de materia prima	
9. Área de dosificación	
10. Área de cuarentena	
11. Laboratorio de microbiología	
12. Área de envasado 1	
13. Área de envasado 2	
14. Área de purificación y almacenamiento de agua	
15. Área de etiquetado y empaque	
16. Área de producción 1	
17. Almacén de material de empaque	
18. Área de envasado 3	
19. Área de envasado 4	
20. Área de producción 2	
21. Sanitarios	
22. Casilleros	
23. Área de lavado	
24. Mantenimiento	
25. Cuarto de utensilios	

Código	Definición
A	Absolutamente necesaria.
E	Especialmente importante.
I	Importante.
O	Ordinariamente importante.
U	Sin importancia.
X	No deseable.

Código	Razón
1	Flujo de materiales
2	Flujo de personal
3	Lavado de herramientas
4	Intercambio de información
5	Higiene y limpieza del área

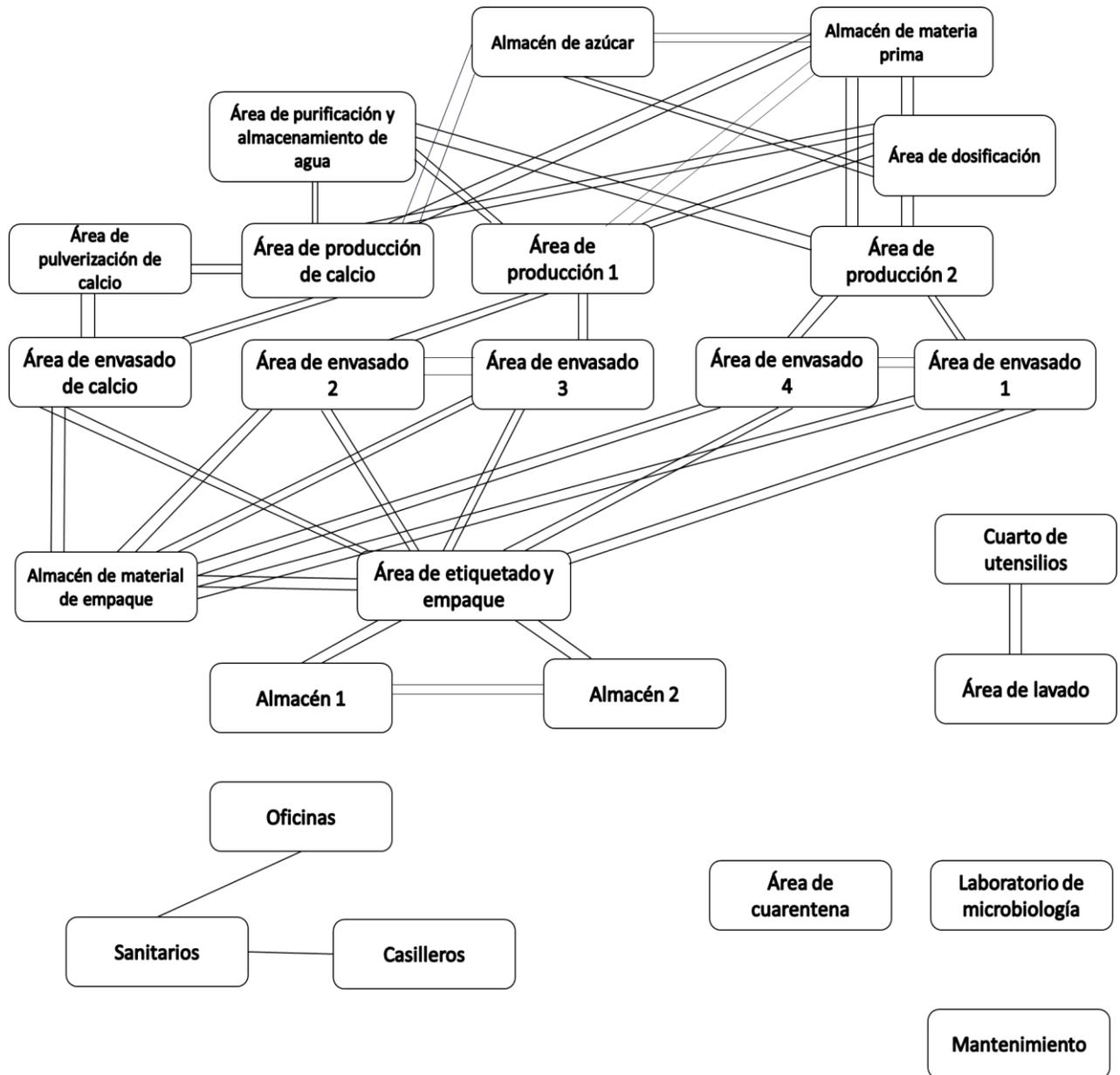
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 24. Relación de cercanía entre los centros de actividades.

Centros de Actividad	Relación de Cercanía					
	A	E	I	O	U	X
1. Oficinas		21	2, 3, 4, 8, 17, 20	5, 6, 7, 12, 13, 15, 16, 18, 19	9, 10, 14, 22, 23, 25	11, 24
2. Almacén 1	3, 15		2, 5, 6, 7, 12, 13, 16, 18, 19, 20	4, 8, 9, 10, 17	14, 25	11, 21, 22, 23, 24
3. Almacén 2	15, 2		1, 5, 6, 7, 12, 13, 16, 18, 19, 20	4, 8, 9, 10, 17	14, 25	11, 21, 22, 23, 24
4. Almacén de azúcar	6, 8, 9		1, 5, 7, 17	2, 3, 10, 15	12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 25	11, 21, 22, 23, 24
5. Área de envasado de calcio	6, 7, 15, 17		2, 3, 4, 8, 25	1, 9, 10, 14	12, 13, 16, 18, 19, 20	11, 21, 22, 23, 24
6. Área de producción de calcio	4, 5, 7, 8, 9, 14, 17		2, 3, 15, 25	1, 10	12, 13, 16, 18, 19, 20	11, 21, 22, 23, 24
7. Área de pulverización de calcio	6, 5		2, 3, 4, 14, 17, 25	1, 8, 9, 10, 15	12, 13, 16, 18, 19, 20	11, 21, 22, 23, 24
8. Almacén de materia prima	6, 4, 9, 16, 20		5, 1, 18, 19	7, 3, 2, 12, 13, 15, 17	10, 14, 25	11, 21, 22, 23, 24
9. Área de dosificación	8, 6, 4, 16, 20		25	7, 5, 3, 2, 12, 13, 14, 15	1, 10, 17, 18, 19	11, 21, 22, 23, 24
10. Área de cuarentena			11	7, 6, 5, 4, 3, 2, 14, 15, 16, 18, 19, 20	9, 8, 1, 12, 13, 17, 25	21, 22, 23, 24
11. Laboratorio de microbiología			25	10		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
12. Área de envasado 1	15, 17, 19, 20		2, 3, 25	1, 8, 9, 14	4, 5, 6, 7, 10, 13, 16, 18	11, 21, 22, 23, 24
13. Área de envasado 2	14, 15, 16, 17		2, 3, 25	1, 8, 9, 14	4, 5, 6, 7, 10, 12, 18, 19	11, 21, 22, 23, 24
14. Área de purificación y almacenamiento de agua	6, 16, 20		7	5, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 19	1, 2, 3, 4, 8, 25	11, 21, 22, 23, 24
15. Área de etiquetado y empaque	2, 3, 5, 12, 13, 17, 18, 19		6, 16, 20, 25	1, 4, 7, 8, 9, 10, 14		11, 21, 22, 23, 24
16. Área de producción 1	8, 9, 13, 14, 17, 18		2, 3, 15, 25	1, 10	4, 5, 6, 7, 12, 19, 20	11, 21, 22, 23, 24
17. Almacén de material de empaque	5, 6, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20		1, 4, 7,	2, 3, 8, 14	9, 10, 25	11, 21, 22, 23, 24
18. Área de envasado 3	13, 15, 16, 17		2, 3, 8, 25	1, 10, 14	4, 5, 6, 7, 9, 12, 19, 20	11, 21, 22, 23, 24
19. Área de envasado 4	12, 15, 17, 19		2, 3, 8, 25	1, 10, 14	4, 5, 6, 7, 9, 13, 16, 18	11, 21, 22, 23, 24
20. Área de producción 2	8, 9, 12, 14, 17, 19		1, 2, 3, 15, 25	10	4, 5, 6, 7, 13, 16, 18	11, 21, 22, 23, 24
21. Sanitarios		1, 22			24	23, 25, 20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2
22. Casilleros		21			1, 24	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 25
23. Área de lavado	25				1	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24
24. Mantenimiento					21, 22	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24
25. Cuarto de utensilios	23		5, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20		1, 2, 3, 4, 8, 10, 14, 17	21, 22, 24

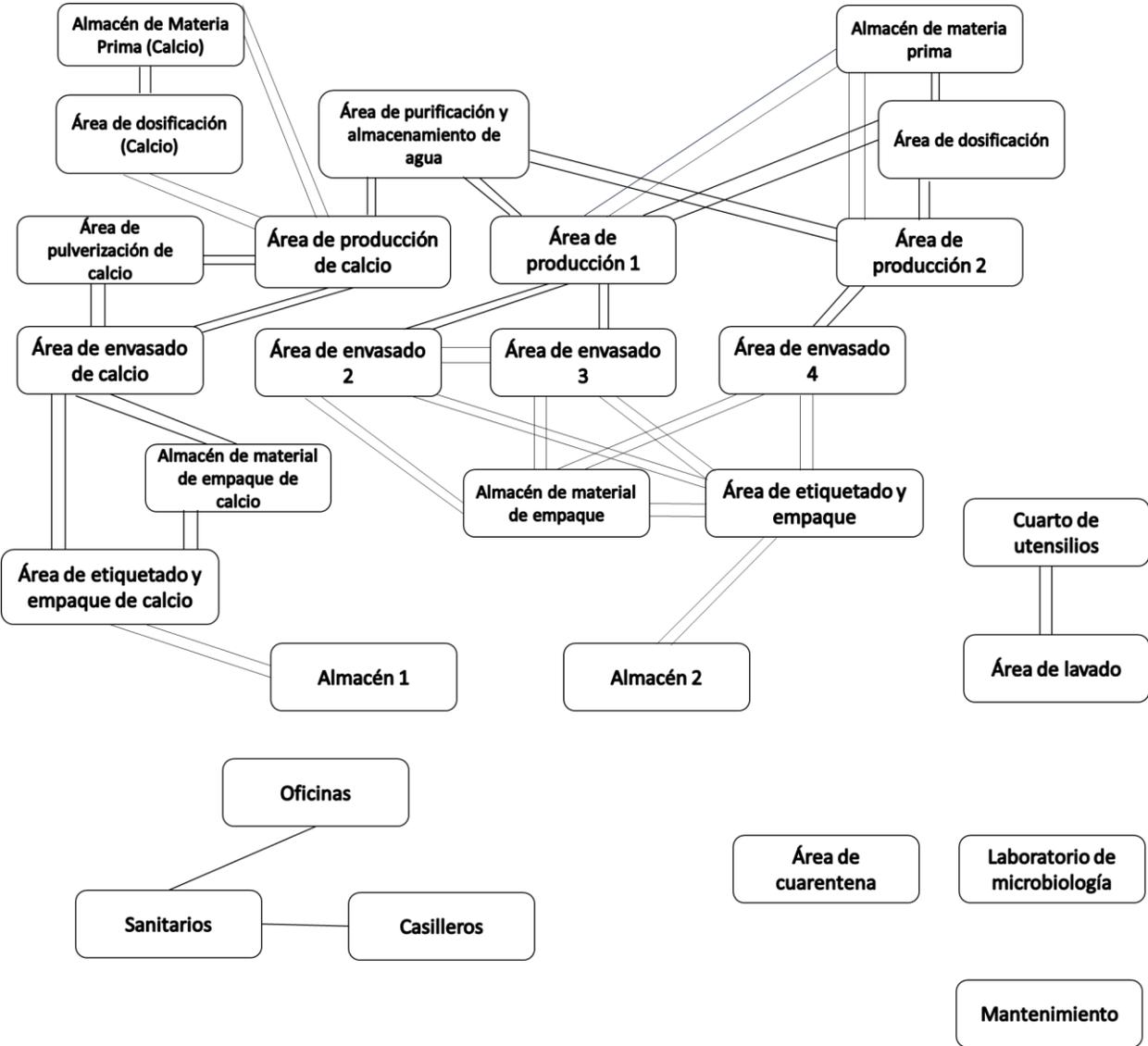
Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 25. Diagrama de Relaciones entre los Centros de Actividad del
Laboratorio Cris Industrial.**



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27. Diagrama de relaciones contemplando áreas adicionales.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28. Comparación entre las dimensiones actuales y las propuestas.

Centros de Actividad	Área Actual (m ²)	Área Propuesta (m ²)
Mantenimiento	48.78	48.78
pasillo 1	14.85	14.85
Laboratorio de microbiología	8.14	8.14
Sanitarios	12.75	9.33
Área de envasado de calcio	12.57	6.28
Área de producción de calcio	11.59	11.59
Almacén 1	10.39	10.39
Almacén 2	10.39	7.88
Área de producción 1	8.60	8.60
Área de etiquetado y empaque	7.99	7.99
pasillo 2	7.97	7.97
Área de envasado 1	7.88	0.00
Área de envasado 4	7.64	7.64
Área de cuarentena	6.90	6.90
Almacén de materia prima	6.78	6.78
Área de envasado 3	4.87	4.87
Área de pulverización de calcio	4.70	4.70
Almacén de material de empaque	4.65	4.65
Área de envasado 2	4.52	4.52
Área de dosificación	4.44	4.44
Casilleros	3.42	3.42
Área de producción 2	3.20	3.20
Almacén de azúcar/Materia Prima Calcio	3.14	3.14
Área de purificación y almacenamiento de agua	3.03	3.03
Área de lavado	2.45	2.45
Cuarto de utensilios	2.08	2.08
Área de etiquetado y empaque de calcio	0.00	6.28
Almacén de material de empaque de calcio	0.00	10.39
Área de dosificación (Calcio)	0.00	3.42
Oficinas	121.38	121.38
Total	345.12	345.12

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 29. Áreas planteadas para cada alternativa.

Número	Centros de Actividad (Alternativa 1)	Centros de Actividad (Alternativa 2)
1	Oficinas	Oficinas
2	Almacén 1	Almacén 1
3	Almacén 2	Almacén 2
4	Almacén de azúcar/Materia Prima Calcio	Almacén de azúcar/Materia Prima Calcio
5	Área de envasado de calcio	Área de envasado de calcio
6	Área de producción de calcio	Área de producción de calcio
7	Área de pulverización de calcio	Área de pulverización de calcio
8	Almacén de materia prima	Almacén de materia prima
9	Área de dosificación	Área de dosificación
10	Área de cuarentena	Área de cuarentena
11	Laboratorio de microbiología	Laboratorio de microbiología
12	Área de envasado 1	N/A
13	Área de envasado 2	Área de envasado 2
14	Área de purificación y almacenamiento de agua	Área de purificación y almacenamiento de agua
15	Área de etiquetado y empaque	Área de etiquetado y empaque
16	Área de producción 1	Área de producción 1
17	Almacén de material de empaque	Almacén de material de empaque
18	Área de envasado 3	Área de envasado 3
19	Área de envasado 4	Área de envasado 4
20	Área de producción 2	Área de producción 2
21	Sanitarios	Sanitarios
22	Casilleros	Casilleros
23	Área de lavado	Área de lavado
24	Mantenimiento	Mantenimiento
25	Cuarto de utensilios	Cuarto de utensilios
26	N/A	Área de etiquetado y empaque de calcio
27	N/A	Almacén de material de empaque de calcio
28	N/A	Área de dosificación (Calcio)

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30. Planteamiento de alternativa 1. Parte 1.

CORELAP 01_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

25

CONTINUAR

RETROCEDER

SEGUIR >>>

A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1

Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	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
1 OFICINAS	121.38	I	I	I	O	O	O	I	U	U	X	O	O	U	O	O	I	O	O	I	E	U	U	X	U	
2 ALMACEN 1	10.39		A	O	I	I	I	O	O	O	X	I	I	U	A	I	O	I	I	I	X	X	X	X	U	
3 ALMACEN 2	10.39			O	I	I	I	O	O	O	X	I	I	U	A	I	O	I	I	I	X	X	X	X	U	
4 ACEN DE AZUCAR	3.14				I	A	I	A	A	O	X	U	U	U	O	U	I	U	U	U	X	X	X	X	U	
5 ASADO DE CALCIO	12.57					A	A	I	O	O	X	U	U	O	A	U	A	U	U	U	X	X	X	X	I	
6 CCION DE CALCIO	11.59						A	A	A	O	X	U	U	A	I	U	A	U	U	U	X	X	X	X	I	
7 RIZACION CALCIO	4.70							O	O	O	X	U	U	I	O	U	I	U	U	U	X	X	X	X	I	
8 EN DE MAT PRIMA	6.78								A	U	X	O	O	U	O	A	O	I	I	A	X	X	X	X	U	
9 DOSIFICACION	4.44									U	X	O	O	O	O	A	U	U	U	A	X	X	X	X	I	
10 CUARENTENA	6.90										I	U	U	O	O	O	U	O	O	O	X	X	X	X	U	
11 I. MICROBIOLOGIA	8.14											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	U	
12 ENVASADO 1	7.88												U	O	A	U	A	U	A	A	X	X	X	X	I	
13 ENVASADO 2	4.52														O	A	A	A	A	U	U	X	X	X	I	
14 JRIF. Y ALM. AGUA	3.03																O	A	O	O	O	A	X	X	U	
15 TADO Y EMPAQUE	7.99																	I	A	A	A	I	X	X	X	I
16 PRODUCCION 1	8.60																		A	A	U	U	X	X	X	I

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 31. Planteamiento de alternativa 1. Parte 2.

CORELAP 01_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1

Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	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
16 PRODUCCION 1	8.60																X	A	A	U	U	X	X	X	X	I
17 ALMACEN MAT EN	4.65																X	A	A	A	X	X	X	X	X	U
18 ENVASADO 3	4.87																X		U	U	X	X	X	X	I	
19 ENVASADO 4	7.64																X			A	X	X	X	X	I	
20 PRODUCCION 2	3.20																X				X	X	X	X	I	
21 SANITARIOS	12.75																X				E	X	U	X		
22 CASILLEROS	3.42																X					X	U	X		
23 LAVADO	2.45																X						X	A		
24 MANTENIMIENTO	48.78																X							X		
25 O DE UTENSILIOS	2.08																X									

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 32. Planteamiento de alternativa 2. Parte 1.

CORELAP 01_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1

Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	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	26	27
1 OFICINAS	121.38	I	I	I	O	O	O	I	U	U	X	O	U	O	O	I	O	O	I	E	U	U	X	U	O	I	U	
2 ALMACEN 1	10.39		O	O	I	I	I	O	O	O	X	O	U	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	U	A	O	O	
3 ALMACEN 2	7.88			O	O	O	O	O	O	O	X	I	U	A	I	O	I	I	I	X	X	X	X	U	U	U	U	
4 ALMACEN MP/AZU	3.14				I	A	I	O	O	O	X	U	U	U	U	O	U	U	U	X	X	X	X	U	O	O	A	
5 ENVASADO DE CA	6.28					A	A	O	O	O	X	U	O	O	U	O	U	U	U	X	X	X	X	I	A	A	O	
6 CCION DE CALCIO	11.59						A	O	O	O	X	U	A	O	U	O	U	U	U	X	X	X	X	I	I	A	A	
7 PULVERIZACION C	4.70							O	O	O	X	U	I	O	U	O	U	U	U	X	X	X	X	I	O	O	O	
8 ALMACEN MAT PR	6.78								A	U	X	O	U	O	A	O	I	I	A	X	X	X	X	U	U	O	U	
9 DOSIFICACION	4.44									U	X	O	O	O	A	U	U	U	A	X	X	X	X	I	O	O	U	
10 CUARENTENA	6.90										I	U	O	O	O	U	O	O	O	X	X	X	X	U	O	U	U	
11 LAB. MICROBIOLC	8.14											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	I	X	X	X
12 ENVASADO 2	4.52												O	A	A	A	A	U	U	X	X	X	X	I	O	O	U	
13 PURIF. Y ALM. AGU	3.03													O	A	O	O	O	A	X	X	X	X	U	O	O	O	
14 ETIQUETADO Y EM	7.99														I	A	A	A	I	X	X	X	X	I	O	O	U	
15 PRODUCCION 1	8.60															A	A	U	U	X	X	X	X	I	U	U	U	
16 ALMACEN MAT EM	4.65																A	A	A	X	X	X	X	U	O	O	U	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 33. Planteamiento de alternativa 2. Parte 2.

CORELAP 01_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1

Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	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	26	27
16 ALMACEN MAT EM	4.65																X	A	A	A	X	X	X	X	U	O	O	U
17 ENVASADO 3	4.87																	X	U	U	X	X	X	X	I	O	U	U
18 ENVASADO 4	7.64																		X	A	X	X	X	X	I	O	U	U
19 PRODUCCION 2	3.20																			X	X	X	X	X	I	U	U	U
20 SANITARIOS	9.33																				X	E	X	U	X	X	X	X
21 CASILLEROS	3.42																					X	U	X	X	X	X	X
22 LAVADO	2.45																						X	U	A	X	X	X
23 MANTENIMIENTO	48.78																							X	X	X	X	X
24 CUARTO DE UTEN	2.08																								X	I	U	I
25 Q. Y EMP. CALCIO	6.28																									X	A	O
26 EN MAT EMP CAL	10.39																										X	U
27 DOSIFICACION CA	3.42																											X

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 34. Ordenación de las áreas por importancia para la alternativa 1.

Parte 1.

CORELAP 01_Presentación Resultados

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	ADO Y EMPAQUE	90	7.99
2.-	ALMACEN MAT EI	89	4.65
3.-	PRODUCCION DE	81	11.59
4.-	ALMACEN DE MA	78	6.78
5.-	PRODUCCION 2	78	3.2
6.-	PRODUCCION 1	77	8.6
7.-	ALMACEN 2	76	10.39
8.-	ALMACEN 1	76	10.39
9.-	ENVASADO DE C/	73	12.57
10.-	DOSIFICACION	73	4.44
11.-	CUARTO DE UTE	71	2.08
12.-	OFICINAS	70	121.38
13.-	ENVASADO 4	70	7.64
14.-	ENVASADO 3	70	4.87

Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:

Superficie Disponible:

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 35. Ordenación de los departamentos por importancia para la alternativa 1. Parte 2.

CORELAP 01_Presentación Resultados

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
14.-	ENVASADO 3	70	4.87
15.-	ENVASADO 1	69	7.88
16.-	ENVASADO 2	69	4.52
17.-	PULVERIZACION C	68	4.7
18.-	ALMACEN DE AZU	67	3.14
19.-	PURIF. Y ALM. AGI	66	3.03
20.-	CUARENTENA	58	6.9
21.-	SANITARIOS	33	12.75
22.-	CASILLEROS	30	3.42
23.-	LAVADO	30	2.45
24.-	LAB. MICROBIOL	28	8.14
25.-	MANTENIMIENTO	26	48.78

[Solución Gráfica](#)

Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:

Superficie Disponible:

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 36. Ordenación de las áreas por importancia para la alternativa 2.

Parte 1.

CORELAP 01_Presentación Resultados

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	PRODUCCION DE	84	11.59
2.-	ETIQUETADO Y E	84	7.99
3.-	ALMACEN MAT EI	83	4.65
4.-	PRODUCCION 1	80	8.6
5.-	CUARTO DE UTEI	79	2.08
6.-	ENVASADO DE C/	78	6.28
7.-	PRODUCCION 2	77	3.2
8.-	OFICINAS	76	121.38
9.-	ALMACEN MAT PI	75	6.78
10.-	ETIQ. Y EMP. CAL	75	6.28
11.-	ENVASADO 3	74	4.87
12.-	ENVASADO 2	74	4.52
13.-	ALMACEN 1	73	10.39
14.-	PULVERIZACION C	73	4.7

Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:

Superficie Disponible:

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 37. Ordenación de las áreas por importancia para la alternativa 2.

Parte 2.

CORELAP 01_Presentación Resultados

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m ²
14.-	PULVERIZACION C	73	4.7
15.-	ALMACEN 2	72	7.88
16.-	DOSIFICACION	72	4.44
17.-	PURIF. Y ALM. AGI	72	3.03
18.-	ALMACEN MAT EI	70	10.39
19.-	ENVASADO 4	70	7.64
20.-	ALMACEN MP/AZI	69	3.14
21.-	CUARENTENA	63	6.9
22.-	DOSIFICACION CA	62	3.42
23.-	SANITARIOS	35	9.33
24.-	LAB. MICROBIOL	32	8.14
25.-	CASILLEROS	32	3.42
26.-	LAVADO	32	2.45
27.-	MANTENIMIENTO	28	48.78

[Solución Gráfica](#)

Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:

Superficie Disponible:

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 38. Iteraciones para la alternativa 1.

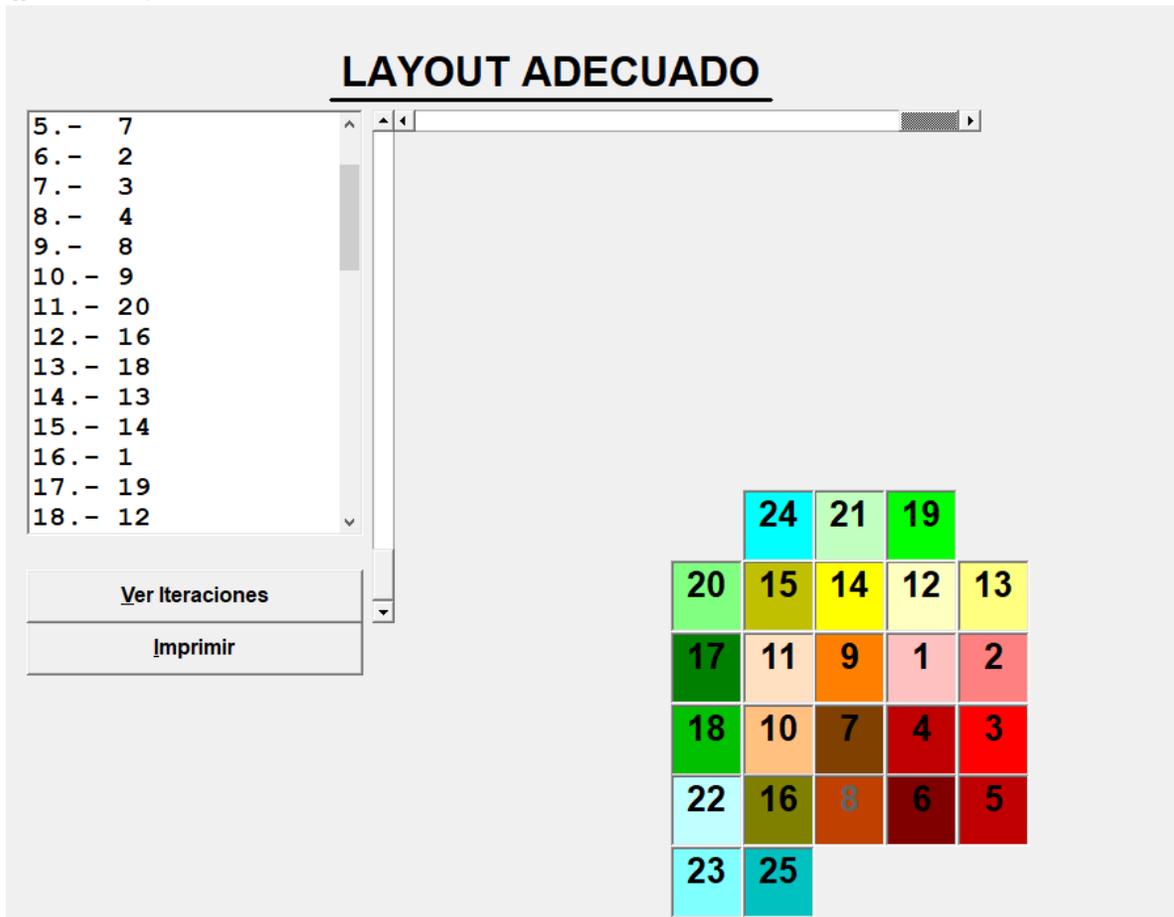
CORELAP 01_iteraciones

Busqueda del departamento más afín a los ya colocados															Departs. Colocados			
ALMACE	4.65	89	4	3	3	4	6	6	4	3	2	2	1	6	6	3	15	17
ALMACE	10.39	76	4	0	6	3	4	4	4	3	3	3	1	4	4	2		
ALMACE	10.39	76	4	6	0	3	4	4	4	3	3	3	1	4	4	2		
ENVASA	12.57	73	3	4	4	4	0	6	6	4	3	3	1	2	2	3		
ENVASA	4.87	70	3	4	4	2	2	2	2	4	2	3	1	2	6	3		
ENVASA	7.64	70	3	4	4	2	2	2	2	4	2	3	1	6	2	3		
ENVASA	7.88	69	3	4	4	2	2	2	2	3	3	2	1	0	2	3		
ENVASA	4.52	69	3	4	4	2	2	2	2	3	3	2	1	2	0	3		
PRODUC	11.59	81	3	4	4	6	6	0	6	6	6	3	1	2	2	6		
PRODUC	3.2	78	4	4	4	2	2	2	2	6	6	3	1	6	2	6		
PRODUC	8.6	77	3	4	4	2	2	2	2	6	6	3	1	2	6	6		
CUARTO	2.08	71	2	2	2	2	4	4	4	2	4	2	2	4	4	2		
ALMACE	6.78	78	4	3	3	6	4	6	3	0	6	2	1	3	3	2		
DOSIFI	4.44	73	2	3	3	6	3	6	3	6	0	2	1	3	3	3		
OFICIN	121.38	70	0	4	4	4	3	3	3	4	2	2	1	3	3	2		
< >															Departs. Colocados			
Iteraciones para la obtención de la distribución en planta															Coordenadas Departs. Colocados			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	-1E+42	-1E+42	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	3	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
< >															Coordenadas Departs. Colocados			
Valor de la relación de afinidad para colocación: 6 9 13 9 10 10 9 9 9 14 10 15 13 10 8 8.5 13.5 8 7.5 8 6.5 6 4.5 4.5 6 13 9 10 10 9 9 9 14 10 15 13																		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 40. Distribución adecuada para la alternativa 1.

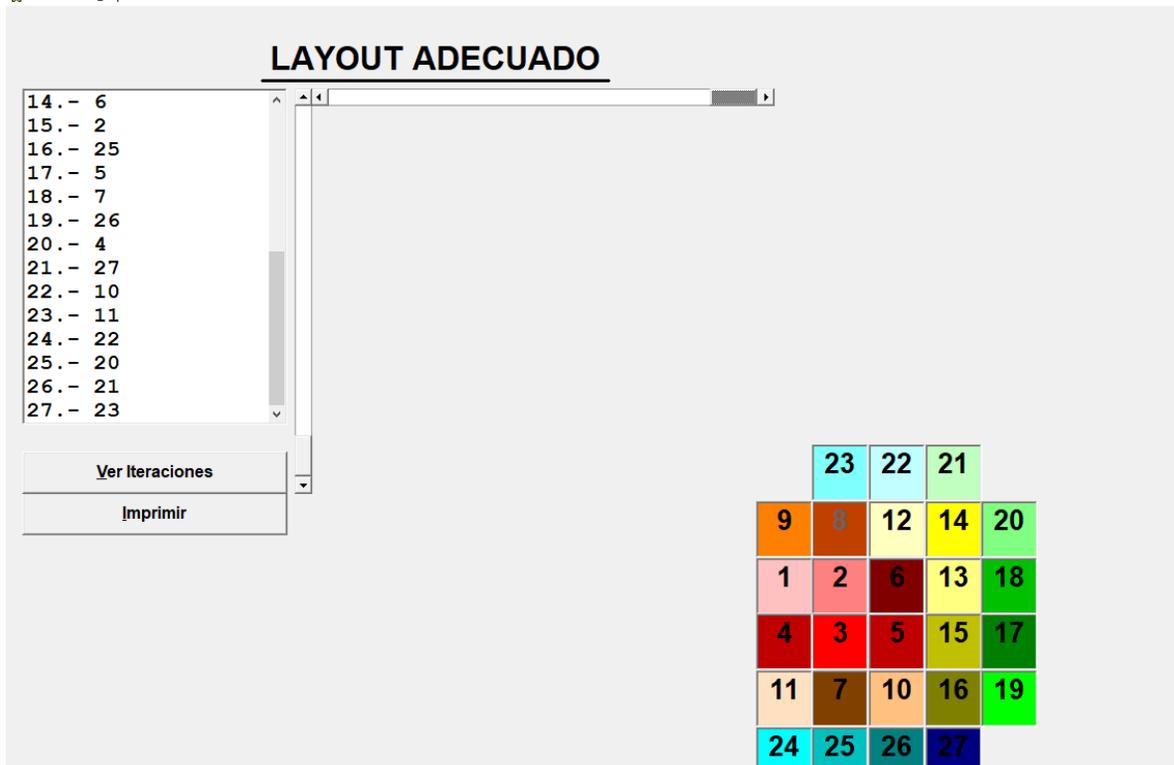
CORELAP 01_Representación Gráfica



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 41. Distribución adecuada para la alternativa 2.

CORELAP 01_Representación Gráfica



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 42. Documentación del proceso de producción de calcio.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017
	Hoja: 1-16	

1. Objetivo

El objetivo de este procedimiento es mitigar los desperdicios generados en el proceso de elaboración de calcio, reducir la variabilidad, alcanzar la consistencia del proceso; con la finalidad de ofertar productos de máxima calidad.

2. Alcance

Este documento aplica para el proceso de elaboración de calcio granulado y en polvo.

3. Referencias

- Normas de Buenas Prácticas de Manufactura Farmacéutica (BPM), República Dominicana.
- Buenas Prácticas de Manufactura de Productos Farmacéuticos, República del Perú.
- Sistema de gestión de la calidad. Requisitos de la Norma ISO 9001:2015.

Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
----------------	---------------	---------------

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017
		Hoja: 2-16

4. Definiciones

- Componentes: son aquellos ingredientes que se utilizan en la elaboración de los productos, aunque no aparezcan en la etiqueta de los mismos.
- Fórmula: procedimiento en el que se contemplan instrucciones claras y exactas para la elaboración de un producto.
- Lote: número específico de productos o materia prima, fabricados en las mismas condiciones y en un tiempo determinado.
- Muestra: es una porción representativa de un producto, materia prima u objeto, que se utiliza para realizar estudios o análisis que permitan determinar las características del mismo.
- Calidad: serie de características inherentes que diferencian a un producto de otro de su misma especie.
- Políticas de calidad: son las intenciones u objetivos que tiene la empresa con relación a la calidad.
- Proceso: serie de pasos, ordenados lógicamente, cuyo propósito es transformar entradas en salidas con valor agregado, para alcanzar los objetivos deseados.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017 Hoja: 3-16

- Optimización: es la implementación de mejoras en los procesos, que permitan el uso eficiente de los recursos asignados a una determinada actividad, con el objetivo de reducir costos y maximizar ganancias, sin comprometer la calidad.
- Desperdicio: Es el despilfarro de recursos; tales como: maquinarias, materiales, recursos humanos y tiempo; los cuales, pudieran emplearse de manera productiva en otra actividad.
- Productividad: es el cociente entre la cantidad de productos obtenidos en un determinado sistema productivo y todos los recursos utilizados (materiales, maquinarias, equipos, energía, personas) para obtener la producción deseada.
- Eficiencia: consiste en alcanzar los objetivos planteados mediante la óptima utilización de los recursos disponibles.
- Inspección: consiste en examinar con atención un objeto, lugar o proceso, con el objetivo de asegurar que las condiciones de los mismos sean las adecuadas.
- Control de calidad: estrategia que consiste en la utilización de un conjunto de técnicas, herramientas y mecanismos, que permiten

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017
	Hoja: 4-16	

asegurar y mejorar la calidad de los productos y servicios de una empresa, como también su productividad.

- Prospecto: documentación adjunta a ciertos productos; la cual, especifica algunas propiedades de los mismos; tales como: composición, instrucciones de uso, características, contraindicaciones, condiciones ambientales, entre otras.

5. Responsabilidades

El responsable de cumplir con la efectiva gestión y ejecución de este procedimiento es el encargado de producción y el encargado de gestión de calidad.

6. Requisitos del producto

Calcio Cris es un suplemento que contiene los principios activos del calcio. Este medicamento, es útil para tratar y prevenir las carencias de calcio en niños, adolescentes y adultos. Además, sirve como complemento para tratar la osteoporosis.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017
	Hoja: 5-16	

7. Descripción de actividades

1. *Inspeccionar el área:* El proceso de elaboración de calcio granulado inicia con una previa inspección de la higiene del área, con el fin de garantizar la pulcritud, tanto de las maquinarias como de las herramientas.
2. *Seleccionar la materia prima:* el operario a cargo se dirige al almacén de materias primas, con el objetivo de seleccionar la materia prima necesaria para la elaboración del calcio.
3. *Dosificar:* se procede a medir cada uno de los componentes de la fórmula, y luego se transportan al área de producción.
4. *Mezclar:* se procede a mezclar los componentes de la fórmula hasta obtener la consistencia deseada.
5. *Inspeccionar:* Se efectúa el proceso de inspección para asegurar la calidad de la mezcla.
6. *Extruir:* se transporta la mezcla hacia la máquina extrusora, dónde la misma toma forma de gránulos.
7. *Inspeccionar:* los gránulos son inspeccionados para verificar la conformidad de los mismos. Si los gránulos están conformes, se colocan en una bandeja.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017
	Hoja: 6-16	

8. *Hornear:* los gránulos conformes, son introducidos en el horno con el fin de endurecerlos y evitar que pierdan la forma.
9. *Enfriar:* al sacar los gránulos de calcio del horno, se colocan en anaqueles y se dejan en reposo hasta que alcancen una temperatura de 25 °C (temperatura del área de producción y de almacenamiento).
10. *Inspeccionar:* se realiza un análisis visual de los gránulos para asegurar que los mismos posean las características deseadas, como: forma, textura, temperatura y color.
11. *Envasar:* luego se traslada el producto semi-terminado al área de envasado, donde inicialmente se procede a cernir los gránulos de calcio y posteriormente a envasar los mismos.
12. *Inspeccionar:* se realiza una inspección del contenido de cada producto, para cerciorarse de que el mismo posea la proporción correspondiente.
13. *Empacar:* después de envasar el calcio granulado, el mismo es transportado al área de empaque. Se procede a ejecutar el etiquetado y posterior empaque del producto.
14. *Almacenar:* finalmente se procede a colocar los productos terminados en el almacén.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017
		Hoja: 7-16

8. Tabla de control de registros

	Documento	Responsable
1	Listas de verificación	Encargado de producción
2	Fallas de equipos	Encargado de mantenimiento técnico
3	Quejas de clientes	Clientes

9. Anexos

1. Lista de verificación.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017
		Hoja: 8-16



LISTA DE VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CALCIO

Responsable: _____ **Fecha:** _____
Línea: _____ **Turno:** _____
Hora: _____ **Lote:** _____

Descripción	Si	No	Comentarios
Se encuentra limpia el área de producción.			
La temperatura, ventilación, iluminación y humedad se encuentran dentro de los parámetros establecidos.			
Los operarios poseen sus equipos de protección personal.			
Existen únicamente los elementos necesarios en el área de producción.			
Las maquinarias y equipos están disponibles para ser utilizados.			
La materia prima está debidamente dosificada.			
La mezcla cumple con las especificaciones.			
Están conformes los gránulos de calcio.			

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017 Hoja: 9-16

Los gránulos de calcio poseen la temperatura correcta.			
Poseen los gránulos de calcio la textura, color y forma deseada.			
Están debidamente cernidos los gránulos de calcio.			
El gramaje de los productos es el indicado.			
Los productos están etiquetados correctamente.			
El embalaje utilizado es el correcto.			
Los productos están debidamente almacenados.			
Observaciones: _____			

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017
	Hoja: 10-16	

2. *Fallas de equipos*

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017 Hoja: 11-16



REPORTE DE FALLAS DE EQUIPOS

Responsable: _____ Fecha: _____

Línea: _____ Turno: _____

Hora: _____

Equipo afectado:

Perturbación:

Zona afectada:

Causa:

Descripción de la falla:

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017 Hoja: 12-16

Fecha de último mantenimiento:
Acciones inmediatas:
Tiempo de reparación:
Tiempo del equipo fuera de servicio:
Observaciones: _____ _____ _____ _____

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017 Hoja: 13-16

3. *Quejas de clientes*

	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017 Hoja: 14-16



FORMULARIO DE QUEJAS DE CLIENTES

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Teléfono: _____

Dirección: _____

Tipo de reclamación:

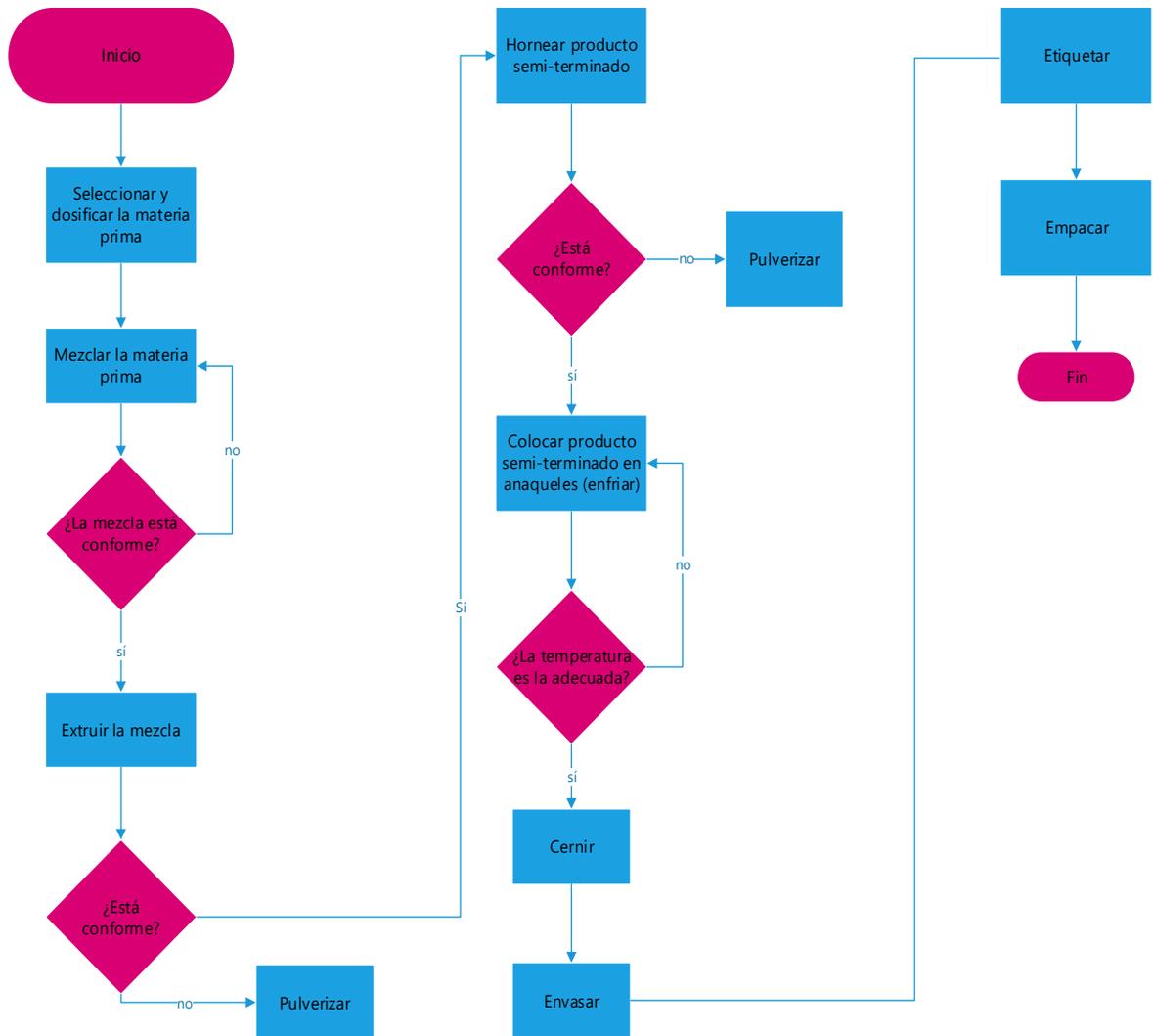
1. Producto.
2. Servicio.
3. Facturación.
4. Otro.

Descripción: _____

Recomendaciones: _____



4. Diagrama de flujo



	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO-9001	
	Proceso de elaboración de calcio granulado	Código: DOC-MNF0001
		Versión: 001-111017
		Hoja: 16-16

10. Tabla de control de cambios

Fecha	Ítem	Versión	Aspecto modificado	Razones	Persona que solicitó el cambio

Anexo 43. Propuesta de Distribución de Planta del Laboratorio Cris

Industrial.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 44. Diagrama de recorridos basado en la propuesta de distribución de planta (proceso de producción de calcio granulado).



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 45. Diagrama de recorridos basado en la propuesta de distribución de planta (proceso de producción de calcio en polvo).



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 46. Comparación de distancia actual versus distancia con la propuesta de distribución (Proceso de Producción de Calcio Granulado).

Proceso de Producción de Calcio Granulado			
Transportes	Distancia Actual	Distancia (Propuesta de Distribución)	Unidad de Medida
Transportar la materia prima al área de producción	68.97	6.85	metros
Transportar la mezcla a máquina extrusora	1.78	1.78	metros
Transportar producto semi-terminado al horno	2.63	2.13	metros
Transportar producto semi-terminado al área de envasado	4.6	4.6	metros
Transportar producto semi-terminado al área de etiquetado y empaque	31.16	2.14	metros
Total	109.14	17.51	metros

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 47. Comparación de distancia actual versus distancia con la propuesta de distribución (Proceso de Producción de Calcio en Polvo).

Proceso de Producción de Calcio en Polvo			
Transportes	Distancia Actual	Distancia (Propuesta de Distribución)	Unidad de Medida
Transportar la materia prima al área de producción	68.97	6.85	metros
Transportar la mezcla a máquina extrusora	1.78	1.78	metros
Transportar producto semi-terminado al horno	2.63	2.13	metros
Transportar producto semi-terminado a la máquina pulverizadora	13.89	2.8448	metros
Transportar producto semi-terminado al área de envasado	4.6	3.21	metros
Transportar producto semi-terminado al área de etiquetado y empaque	31.16	2.14	metros
Total	123.03	18.96	metros

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 48. Comparación de tiempo estándar actual versus tiempo estándar con propuesta de distribución.

Descripción de la Actividad	Tiempo Estándar Actual	Tiempo Estándar con Propuesta de Distribución
Inspeccionar higiene del área	5.15	5.15
Seleccionar y dosificar la materia prima	14.57	14.57
Transportar la materia prima al área de producción	4.06	1.15
Mezclar la materia prima	9.71	9.71
Inspeccionar la mezcla	1.19	1.19
Transportar la mezcla a máquina extrusora	1.70	1.70
Extruir la mezcla	60.37	60.37
Inspeccionar producto semi-terminado	1.22	1.22
Transportar producto semi-terminado al horno	0.21	0.12
Hornear el producto semi-terminado	34.23	34.23
Colocar producto semi-terminado en anaqueles	0.30	0.30
Enfriar el producto semi-terminado	22.92	22.92
Inspeccionar el producto semi-terminado	0.18	0.18
Transportar producto semi-terminado al área de envasado	1.85	1.85
Cernir el producto semi-terminado	1.20	1.20
Envasar el producto semi-terminado	212.04	212.04
Inspeccionar peso de envase	96.17	96.17
Transportar producto al área de etiquetado y empaque	3.89	1.7
Etiquetar producto semi-terminado	128.50	128.50
Empacar producto terminado	27.28	27.28
Tiempo Total Estándar	626.71	621.53
Horas por lote:	10.45	10.36
Lotes por hora:	0.10	0.10

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 49. Balanceo de la Línea de Producción de Calcio Granulado.

BALANCEO DE LINEA																		
Nº.	DESCRIPCION DE LA TAREA	ITERACION 1 (SITUACION ACTUAL)			ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5		ITERACION 6		ITERACION 7		ITERACION 8	
		TIEMPO	Nº DE OP	TIEMPO POR UNIDAD	TIEMPO	Nº DE OP												
1	Inspeccionar higiene del área	5.15																
2	Seleccionar y dosificar la materia prima	14.57	1	20.87	20.87	1	20.87	1	20.87	1	20.87	1	20.87	1	20.87	1	20.87	1
3	Transportar la materia prima al área de producción	1.15																
4	Mezclar la materia prima	9.71																
5	Inspeccionar la mezcla	1.19																
6	Transportar la mezcla a máquina extrusora	1.70																
7	Extruir la mezcla	60.37																
8	Inspeccionar producto semi-terminado	1.22																
9	Transportar producto semi-terminado al horno	0.12	2	66.89	66.89	2	66.89	2	44.59	3	44.59	3	44.59	3	44.59	3	44.59	3
10	Hornear el producto semi-terminado	34.23																
11	Colocar producto semi-terminado en anaqueles	0.30																
12	Enfriar el producto semi-terminado	22.92																
13	Inspeccionar el producto semi-terminado	0.18																
14	Transportar producto semi-terminado al área de envasado	1.85																
15	Cernir el producto semi-terminado	1.20																
16	Envasar el producto semi-terminado	212.04	2	155.55	103.70	3	103.70	3	103.70	3	77.78	4	62.22	5	62.22	5	51.85	6
17	Inspeccionar peso de envase	96.17																
18	Transportar producto al área de etiquetado y empaque	1.70																
19	Etiquetar producto semi-terminado	128.50																
20	Empacar producto terminado	27.28	1	155.78	155.78	1	77.89	2	77.89	2	77.89	2	77.89	2	51.93	3	51.93	3
TIEMPO TOTAL DE LA TAREA		621.53			621.53		621.53		621.53		621.53		621.53		621.53		621.53	
CICLO DE CONTROL (RITMO DEL CUELLO DE BOTELLA)		155.78			155.78		66.89		103.70		77.89		77.89		62.22		51.93	
CANTIDAD DE OPERARIOS		6.00			7		8		9		10		11		12		13	
TIEMPO TOTAL DISPONIBLE		934.65			1090.43		535.09		933.33		778.88		856.77		746.66		675.03	
% BALANCE DE LÍNEA		66.50%			57.00%		116.15%		66.59%		79.80%		72.54%		83.24%		92.07%	
CICLO DE TRABAJO AJUSTADO		236.02			236.02		101.34		157.13		118.01		118.01		94.28		78.67	
UNIDADES/HORA		0.25			0.25		0.59		0.38		0.51		0.51		0.64		0.76	
UNIDADES/TURNO		122			122		284		183		244		244		305		366	
UNIDADES/OPERARIOS		20.33			17.43		35.50		20.33		24.40		22.18		25.42		28.15	
COSTO DE MANO DE OBRA POR UNIDAD		\$ 20.12			\$ 23.47		\$ 11.52		\$ 20.12		\$ 16.77		\$ 18.44		\$ 16.10		\$ 14.53	

PRODUCTIVIDAD DE LA LINEA	66.00%	TOLERANCIA PERSONAL	67.2	
TIEMPO TOTAL DEL TURNO	480	TOLERANCIA MAQUINARIA	96	

MENOR COSTO POR UNIDAD	\$ 11.52
ITERACION 3	

MAYOR % DE BALANCE DE LÍNEA	116.15%
ITERACION 3	

SALARIO DIARIO	\$ 409.09
----------------	-----------

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 50. Tiempo estándar actual versus tiempo estándar con propuesta de distribución y balanceo de línea.

Descripción de la Actividad	Tiempo Estándar actual (por lote)	Tiempo Estándar Propuesto (por lote)
Inspeccionar higiene del área	5.15	5.15
Seleccionar y dosificar la materia prima	14.57	14.57
Transportar la materia prima al área de producción	1.15	1.15
Mezclar la materia prima	9.71	9.71
Inspeccionar la mezcla	1.19	1.19
Transportar la mezcla a máquina extrusora	1.70	1.70
Extruir la mezcla	60.37	60.37
Inspeccionar producto semi-terminado	1.22	1.22
Transportar producto semi-terminado al horno	0.12	0.12
Hornear el producto semi-terminado	34.23	34.23
Colocar producto semi-terminado en anaqueles	0.30	0.30
Enfriar el producto semi-terminado	22.92	22.92
Inspeccionar el producto semi-terminado	0.18	0.18
Transportar producto semi-terminado al área de envasado	1.85	1.85
Cernir el producto semi-terminado	1.20	0.80
Envasar el producto semi-terminado	212.04	141.36
Inspeccionar peso de envase	96.17	64.11
Transportar producto al área de etiquetado y empaque	1.70	1.13
Etiquetar producto semi-terminado	128.50	64.25
Empacar producto terminado	27.28	13.64
Tiempo total estándar:	621.53	439.93
Horas por lote:	10.36	7.33
Lotes por hora:	0.10	0.14

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 51. Kanban de Producción.

 KANBAN DE PRODUCCIÓN	
Código: MP010101	Descripción: Fosfato de Calcio Tribásico.
Capacidad del Contenedor: 2,982 gramos.	Punto de Reorden: 2,982 gramos.
Origen: Almacén de Materia Prima.	Destino: Almacén del Proveedor.
Unidades a producir: 562 unidades.	Período de Reposición: Semanal.

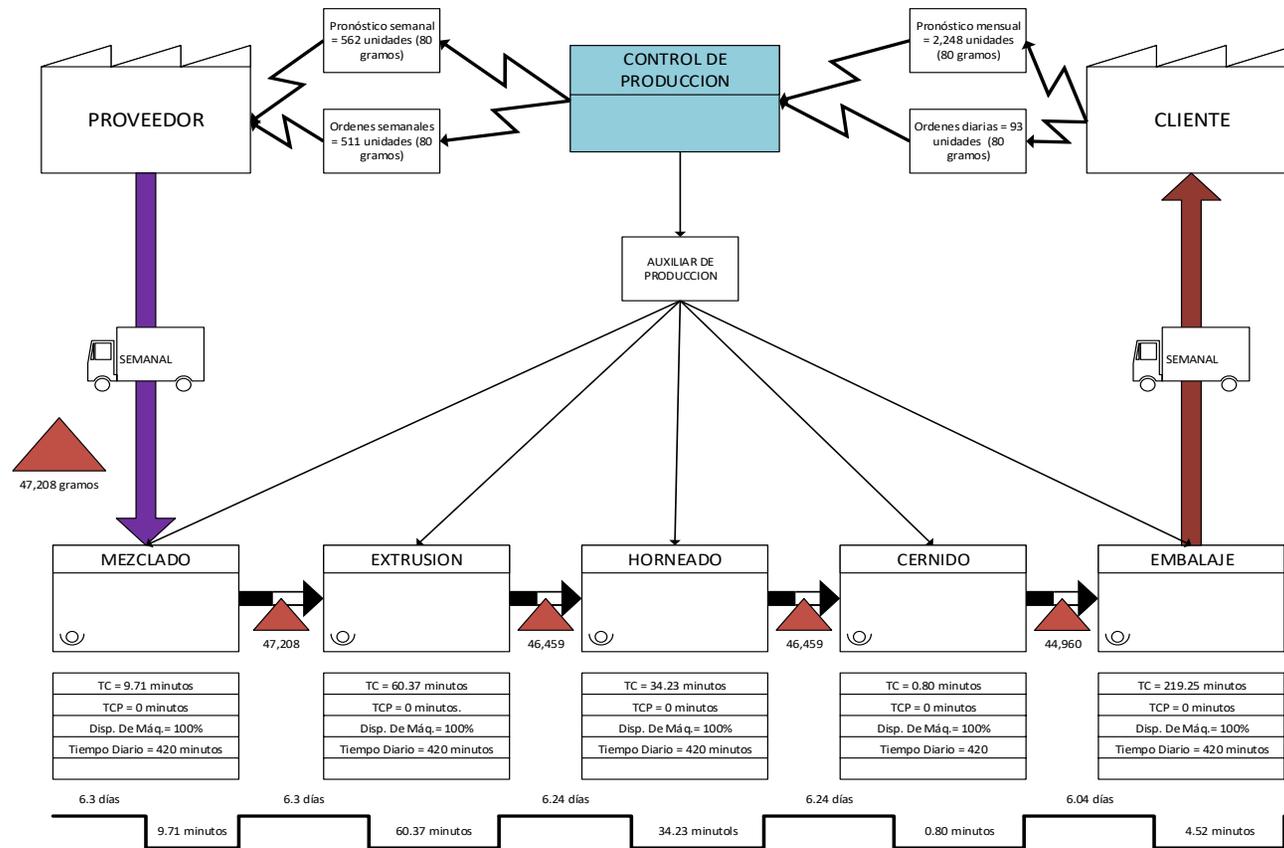
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 52. Kanban de Transporte.

 KANBAN DE TRANSPORTE	
Código: MP010101	Descripción: Fosfato de Calcio Tribásico.
Capacidad del Contenedor: 2,982 gramos.	Punto de Reorden: 2,982 gramos.
Origen: Área de Producción de Calcio.	Destino: Almacén de Materia Prima.
Unidades a producir: 562 unidades.	Período de Reposición: Semanal.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 53. VSM Propuesto del Laboratorio Cris Industrial.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 54. Reporte de implementación de Kaizen.

 Reporte de KAIZEN (Mejora Continua)		VERSIÓN 2017
INFORMACIÓN GENERAL		
PROCESO / AREA: <input style="width: 90%;" type="text"/>	FECHA: <input style="width: 90%;" type="text"/>	
DESCRIPCIÓN DE LA MEJORA Y OBJETIVOS: <input style="width: 95%; height: 30px;" type="text"/>		
LÍDER DEL KAIZEN: <input style="width: 90%;" type="text"/>	EQUIPO DE TRABAJO: <input style="width: 90%;" type="text"/>	
<p style="text-align: center;">NIVEL DEL KAIZEN</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Nivel 1 – Personal Administrativo <input type="checkbox"/> Nivel 2 – Personal Técnico </div> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Nivel 3 – Personal Operador <input type="checkbox"/> Nivel 4 – Contratista </div> </div>		
<p>HERRAMIENTA UTILIZADA (Marcar con una X) <u>Indicar la documentación que cambia con la implementación del kaizen (Mostrar evidencia).</u></p>		
<input type="checkbox"/> SEGURIDAD / ERGONOMIA / 5S+ * Propuesta de guardas en maquinarias y equipos <input type="checkbox"/> * Propuestas de mejora en el uso de EPPs <input type="checkbox"/> * Propuesta de mejora ergonómica <input type="checkbox"/> * Propuesta de implementación de 5S <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> REDUCCIÓN TIEMPO * Sugerencia de mejora de procesos <input type="checkbox"/> * Propuesta de horarios de descanso/almuerzo <input type="checkbox"/> * Otros <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> MAPA DE FLUJO DE VALOR * Propuesta de mejora de VSM <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> TPM * Propuesta de TPM <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> TRABAJO ESTANDARIZADO * Propuesta de nuevos puestos de trabajo <input type="checkbox"/> * Actualizar o proponer la distribución de la planta <input type="checkbox"/> * Propuesta de mejoras en las líneas de producción <input type="checkbox"/> * Sugerencia en la matriz de entrenamiento <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> SOLUCIÓN DE PROBLEMAS * Sugerencia de PFMEA <input type="checkbox"/> * Diseño de plan de control <input type="checkbox"/> * Otros <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> FLUJO DE MATERIALES * Propuestas de implementación tarjetas kanban <input type="checkbox"/> * Actualizar WIP estándar <input type="checkbox"/> * Propuesta de manejo de materia prima <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> CALIDAD * Propuesta de inspección de proceso <input type="checkbox"/> * Sugerencia de implementación de documentos <input type="checkbox"/>	

RESUMEN DE RESULTADOS

FACTORES
CLAVES
OPERACIO

- 1 Cultura Seguridad y Salud Ocupacional (SSO)
- 2 Satisfacción al cliente y manejo de materiales
- 3 Excelencia en manufactura

- 4 Excelencia organizacional
- 5 Logros financieros

MÉTRICA	ANTES	DESPUÉS	% MEJORA
SSO			
ESPACIO			
CALIDAD			
RENDIMIENTO			
EFICIENCIA			
TRABAJO EN PROCESO			
AUSENTISMO			
PRODUCTIVIDAD			
TIEMPO DE CICLO			
5S			
DESPERDICIO			
COSTOS			

ANTES DEL KAIZEN	DESPUÉS DEL KAIZEN

Acciones cerradas

Acción	Responsable	Tiempo empleado	Fecha

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 55. Anteproyecto de Trabajo de Grado.

Universidad Acción Pro Educación y Cultura



Decanato de Ingeniería e Informática

Escuela de Ingeniería

Anteproyecto de Trabajo de Grado para Optar por el Título de:

Ingeniero Industrial

Propuesta de Optimización del Proceso de Producción de Calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, Ubicado en Santo Domingo Oeste, RD, año 2017

Sustentantes:

Br. Stephanie Paulette Peña Santos 2014-0066

Br. Rosa Jackeline Orozco Alcántara 2014-0333

Br. Cerlin Manuel Santana Pujols 2012-1260

Asesor:

Ing. Pastor Eduardo Castillo Díaz, PhD.

Distrito Nacional, República Dominicana

18 de julio de 2017

Tema:

**Propuesta de Optimización del Proceso de Producción de
Calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial,
ubicado en Santo Domingo Oeste, RD, año 2017**

Índice

Contenido

Tema:.....	1
Introducción.....	4
1. Justificación	5
2. Delimitación del Tema y Planteamiento de Problema	6
2.1 Delimitación del Tema	6
2.2 Planteamiento del problema	7
3. Objetivo General y Específicos.....	9
3.1 Objetivo General.....	9
3.2 Objetivos Específicos	9
4. Marco Teórico Referencial.....	10
4.1 Marco Teórico.....	10
4.2 Marco Histórico.....	13
4.3 Marco Conceptual	16

5. Diseño Metodológico	19
5.1 Metodología de Investigación	19
5.2 Tipo de Investigación.....	20
5.3 Métodos de Investigación	20
5.4 Técnicas de Investigación	21
6. Fuentes de Documentación.....	23
7. Esquema Preliminar de Contenido del Trabajo de Grado	25

Introducción

La optimización consiste en mejorar los procesos, mediante el uso eficiente de recursos; con el fin de reducir los costos e incrementar las ganancias, manteniendo la calidad.

En los últimos años, se han utilizado diversas herramientas para la optimización de los procesos; debido a la necesidad de disminuir o eliminar los desperdicios; es decir, aquellas operaciones o actividades que no le agregan valor al producto, tales como: pérdidas de tiempo, transportes y movimientos innecesarios; los cuales, afectan la productividad dentro de las empresas.

Algunas de estas herramientas son las contenidas en la filosofía Lean, entre las cuales cabe destacar las siguientes: Mapa de Flujo de Valor (permite el análisis del flujo de los diferentes materiales utilizados en los procesos), Kanban (permite garantizar que dentro de los procesos estén las cantidades necesarias en el tiempo necesario) y el sistema Kaizen (mejora continua).

Otras herramientas son las que permiten mejorar la distribución de las plantas; con la finalidad de disminuir o eliminar los desperdicios mencionados anteriormente; entre las que cabe destacar la siguiente: SLP (Planeación Sistemática de la Distribución); la cual, permite la resolución de problemas relacionados con la distribución de planta.

El siguiente trabajo de investigación pretende determinar los diferentes factores que afectan el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, con el objetivo fundamental de optimizar dicho proceso.

1. Justificación

El objetivo principal de los procesos productivos es transformar materias primas en productos terminados, capaces de satisfacer los requerimientos y necesidades de los clientes; por lo tanto, es importante determinar las variables que afectan la productividad; con el fin de erradicarlas o mitigarlas para cumplir con los objetivos.

Un proceso productivo deficiente genera desperdicios, pérdidas de tiempo y recursos económicos; lo cual, ocurre en el proceso de producción de calcio en el laboratorio Farmacéutico Cris Industrial. Es por esto que, la optimización del mismo es de gran importancia para contribuir con la rentabilidad económica y estabilidad de dicha empresa. La optimización contribuirá, de manera directa, a la eliminación o disminución de errores en el proceso productivo de calcio.

Mediante esta investigación se pretende determinar las diferentes problemáticas dentro del proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, para establecer la solución más factible que permita lograr la optimización de dicho proceso; disminuyendo los tiempos improductivos, así como las

actividades que no agregan valor al producto, reduciendo o eliminando los costos innecesarios de producción.

A su vez, la optimización del proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial contribuirá con el incremento de la productividad dentro de la empresa; aumentando así las utilidades y ofreciendo a los clientes productos de calidad.

“La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos” (Gutiérrez, 2010, p. 21).

2. Delimitación del Tema y Planteamiento de Problema

2.1. Delimitación del Tema

Esta investigación se llevará a cabo durante el periodo septiembre-diciembre del año 2017. La misma, pretende realizar una propuesta para optimizar el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial; ubicado en Santo Domingo Oeste, República Dominicana.

2.2. Planteamiento del problema

La optimización de procesos consiste en la mejora continua de cada una de las operaciones necesarias para la elaboración de un producto determinado. Para llevar a cabo dicha optimización se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: porcentaje de productos terminados que presentan no conformidad, cantidad de desperdicios desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento de los productos terminados, el tiempo improductivo de las diferentes maquinarias y del personal.

Debido a diversos factores, el proceso de producción de calcio dentro del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial es deficiente; por lo tanto, no aprovecha al máximo su capacidad productiva. Dentro de dichos factores se encuentran los siguientes: la inexistencia de un plan que permita la mejora continua del proceso; la carencia de la documentación de los procedimientos, políticas y normas para la elaboración de calcio; y, la presencia de cuellos de botella en diferentes etapas del proceso de transformación de la materia prima.

También, existen demoras en el transporte de la materia prima necesaria para la fabricación de calcio (manejo ineficiente de materiales); lo cual, ocasiona pérdidas de tiempo valioso, ralentizando así el proceso.

El origen de algunos de los factores, mencionados anteriormente, está directamente relacionado con una mala distribución de planta; pues, existen distancias

innecesarias entre una operación y otra. Además, no cuentan con una línea de producción que abarque el proceso completo y que permita el flujo continuo y secuencial por cada una de las etapas; afectando así la productividad.

La deficiencia en el proceso de producción de calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial ocasiona pérdidas de ventas por inexistencia de productos; disminuyendo los beneficios económicos de dicho laboratorio.

3. Objetivo General y Específicos

3.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta para optimizar el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial.

3.2. Objetivos Específicos

1. Analizar el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, para identificar los elementos negativos o las fuentes de desperdicio.
2. Proponer la documentación del proceso de producción de calcio mediante el uso de los requisitos de la norma ISO 9001-2015.
3. Aplicar técnicas y herramientas de distribución de planta, como el método SLP (Planeación Sistemática de la Distribución), para optimizar el proceso de producción de calcio.
4. Aplicar herramientas Lean, tales como: Kanban, kaizen y VSM (Mapa del Flujo de Valor), para eliminar y reducir desperdicios en el proceso de producción de calcio.

4. Marco Teórico Referencial

4.1. Marco Teórico

Optimización

Consiste en la búsqueda de la mejor forma de realizar una actividad, teniendo en consideración una serie de parámetros, como son: costos, tiempo, calidad, entre otros.

La optimización de un proceso industrial persigue la mejora del mismo, asignando todos los recursos que intervienen en dicho proceso de una forma estratégica. La optimización de un proceso posee dos objetivos fundamentales; estos son:

- Maximizar las ganancias.
- Reducir los costos.

Estos dos objetivos son el resultado del incremento de la productividad; la cual, se alcanza al optimizar un proceso. El incremento de la productividad se puede obtener de dos formas; estas son:

- Obtener la misma cantidad de productos con una cantidad menor de recursos.
- Aumentar la producción utilizando la misma cantidad de recursos.

La optimización de procesos surge con la necesidad de reducir o eliminar las problemáticas presentes en los mismos; tales como:

- Cuellos de botella en los procesos.
- Tareas repetitivas, ya sean manuales o automáticas.
- Actividades que requieren largos recorridos.
- Aprovechamiento deficiente de los espacios.

Lean Manufacturing

Lean Manufacturing, también conocida como *Manufactura esbelta*, es un modelo de gestión, cuyo objetivo es eliminar las actividades que no agregan valor en un proceso determinado, ya que las mismas implican costos y esfuerzos.

La manufactura esbelta se focaliza específicamente en siete tipos de desperdicios; estos son:

- **Tiempo de espera:** son aquellos lapsos de tiempo de inactividad en un determinado proceso, que no generan ningún valor al producto, y producen costos.
- **Sobre producción:** ocurre cuando las operaciones que se realizan de manera continua en un proceso productivo debieron ser detenidas; también cuando se fabrican unidades para stock, con antelación a la solicitud del cliente.

- **Exceso de procedimientos:** hace referencia al exceso de operaciones; como pueden ser: reprocesos, manejo de materiales innecesarios, entre otros.
- **Transportes:** se refiere al movimiento innecesario de materiales, de una operación a otra.
- **Inventario:** producción de unidades que no se requieren en un momento determinado; esto reduce espacio y genera daños y obsolescencia en los productos.
- **Defecto:** está relacionado con la necesidad de reprocesar o en su defecto, corregir piezas o productos defectuosos.
- **Movimiento:** está constituido por dos elementos, el movimiento humano y el movimiento de las maquinas. Estos movimientos están estrechamente relacionados con la ergonomía del espacio de trabajo, perjudicando la calidad y la seguridad.

Esta metodología fue originada en Japón, por el director y consultor de la empresa automovilística Toyota; Taiichi Ohno; con el fin de incrementar la productividad de las empresas manufactureras. Taiichi Ohno, se inspiró en las empresas estadounidenses; un ejemplo de ello fue su impresión con los supermercados. En ellos pudo percibir la idea de cómo manejar inventarios más reducidos, eliminar pasos innecesarios, proveer control al que hace el trabajo (el cliente), controlar y manejar las actividades primarias.

Esta filosofía, persigue cuatro principios claves; los cuales son:

- Calidad a la primera.
- Minimización de los desperdicios.
- Mejora continua del sistema: mejora de la calidad, mejora de la productividad, reducción de costos.
- Procesos pull: trabajar según la demanda del cliente.
- Flexibilidad: producir una gran variedad de productos.
- Construcción y mantenimiento de las relaciones con los proveedores.

4.2. Marco Histórico

En mayo del año 2014, fue presentado en la Escuela de Ingeniería de la Universidad APEC, con el fin de optar por el título de Ingeniero Industrial, el trabajo de grado "*Optimización del Proceso de Elaboración de Botellones Plásticos en la Empresa Agroplast S.R.L.*". Los autores del mismo fueron: Rosiris Solís Suárez, Milagros Caraballo Pérez y Melissa Valdez Báez.

Esta investigación se basa en el análisis del proceso de elaboración de botellones en la empresa Agroplast, con la finalidad de determinar los diferentes factores que afectan la productividad. Entre los cuales, cabe destacar los siguientes: el elevado tiempo de operación en algunas operaciones del proceso, sobreproducción de los

tubos plásticos utilizados en la fabricación de los botellones, generación de desperdicios ocasionados por la falta de inspección, entre otros.

Las herramientas utilizadas en dicha investigación para la mitigación de los factores mencionados anteriormente fueron las siguientes: DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), utilizada para mejorar el proceso; metodología Seis Sigma (6σ) para reducir la variabilidad del proceso; VSM (Mapa de Flujo de Valor) para especificar y definir el flujo de materiales dentro del proceso.

También, se consultó el trabajo de grado presentado en la Escuela de Ingeniería de la Universidad APEC por Luisa Marileixis Tejeda De León, Máximo Braulio Ortiz Peña y Andrea Patricia Martich, con el fin de optar por el título de Ingeniero Industrial, titulado como *“Optimización de la Línea de Producción H (Producto 12672), en una Empresa de Dispositivos Médicos, Ubicada en el Parque Industrial ITABO Haina, San Cristóbal, Año 2013”*.

Este trabajo está basado en el estudio de cada una de las operaciones de la línea de producción H, con el fin de establecer cómo mejorar el proceso productivo de la misma. A su vez, se determinó lo siguiente: la línea de producción no está cumpliendo con los parámetros establecidos; posee operaciones innecesarias, tales como transportes e inspecciones; tiempo de ciclo muy elevado; pérdidas de clientes, materia prima y recursos económicos.

Para mejorar el proceso productivo de la línea H, se utilizaron las siguientes herramientas: metodología Lean Manufacturing para la reducción de los diferentes tipos de desperdicios, tales como: transporte y exceso de procedimientos. Algunas herramientas, dentro de esta metodología, utilizadas en dicha investigación son: 5S, con el fin de obtener áreas de trabajo más limpias y ordenadas para lograr la optimización y mejora de la productividad dentro del proceso; Kanban con la finalidad de proporcionar los productos en el momento requerido y en las cantidades necesarias.

En la búsqueda de antecedentes, también se consultó el trabajo de grado presentado en el año 2012 en la Escuela de Ingeniería de la Universidad APEC, con el fin de optar por el título de Ingeniero Industrial, titulado como “*Optimización de la Productividad en el Proceso de Fabricación de Bañeras en la Empresa Fibras Sintéticas Aplicando Lean Manufacturing*”. Los autores son: Jasiel Saúl Saba Casado, Laura Virginia Dotel Sena y Yinelka De León De León.

El trabajo tiene como finalidad analizar el proceso de producción de bañeras en fibra de vidrio en la empresa Fibras Sintéticas para determinar cuáles son los problemas o causantes de deficiencias en dicho proceso. Algunos de los problemas detectados, son los siguientes: abastecimiento ineficiente, mal estado de las maquinarias, carencia de documentación de los procedimientos y técnicas, baja calidad en la materia prima, entre otros.

Las herramientas utilizadas para la optimización y mejora de dicho proceso de producción son las contenidas en la metodología Lean Manufacturing para la reducción de algunos de los desperdicios y eliminación de aquellos elementos que no aportan ningún valor al proceso productivo; así como también el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). Para mejorar el estado de las maquinarias se plantea el uso de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Además, se propone la documentación de los procesos para la estandarización de los mismos.

4.3. Marco Conceptual

Proceso:

“Un proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.” (Gutiérrez, 2010, p. 17). En otras palabras, un proceso es una serie de pasos, ordenados lógicamente, cuyo propósito es transformar entradas en salidas con valor agregado, para alcanzar los objetivos planteados.

Optimización:

Consiste en implementar mejoras en los procesos que permitan el uso eficiente de los recursos asignados a una actividad determinada, con el propósito de maximizar ganancias y reducir costos, sin comprometer la calidad.

Mejora continua:

Es una filosofía que involucra toda la organización y pretende el logro de cambios incrementales en cuanto a los procedimientos y técnicas utilizados para el desempeño de una actividad en específico; con el fin de mejorar la calidad de un producto, proceso o servicio.

No conformidad:

Es el incumplimiento de las especificaciones, ya sean éstas establecidas o no.

Desperdicio:

“Cualquier cosa o actividad que genera costos pero que no agrega valor al producto se considera un desperdicio o muda.” (Gutiérrez, 2010, p. 96).

Tiempo improductivo:

Es el tiempo perdido en una organización en específico; en el cual, las personas o las máquinas permanecen inactivas por diferentes razones; ya sea por falta de materiales o por algún acontecimiento inesperado.

Proceso de Producción:

Es el conjunto de operaciones o pasos, ordenados lógicamente; cuyo propósito es transformar recursos (materia prima, recursos económicos, entre otros) en productos terminados y/o servicios; con el fin de satisfacer la demanda.

Capacidad productiva:

Es la cantidad máxima que se puede producir en una organización determinada. La misma, se obtiene en base a la fuerza laboral y a la cantidad de maquinarias, disponibles para la producción.

Cuello de botella:

Es una restricción de la capacidad productiva que ocurre cuando una operación es más lenta que las operaciones siguientes; ralentizando así el proceso.

Distribución de planta:

Es la ordenación física de cada uno de los componentes de un proceso de producción; tales como: maquinarias, equipos y herramientas que garantizan la transformación de materia prima en producto terminado.

Línea de Producción:

Es el conjunto de operaciones secuenciales dentro de un proceso de producción determinado.

Productividad:

Es la relación existente entre la producción total y los recursos utilizados para la misma.

Herramientas Lean:

Es el conjunto de herramientas enfocadas en la mejora continua de los sistemas, mediante la reducción o eliminación de los desperdicios (acciones que no le agregan valor al producto).

Calidad:

Es el conjunto de propiedades y características inherentes a un producto determinado, que garantizan su capacidad de satisfacer las necesidades de los clientes, tanto internos como externos.

5. Diseño Metodológico

5.1. Metodología de Investigación

Este estudio tendrá un diseño transversal; pues, se pretende observar y describir el proceso de producción de calcio en el laboratorio Cris Industrial, para estudiar los cambios o variaciones en el mismo, en un determinado momento; con la finalidad de determinar los diversos factores que afectan la productividad.

A su vez, esta investigación tendrá un enfoque cuantitativo, debido a que se presentarán datos numéricos que permitirán el análisis de las variables dentro del

proceso de producción de calcio; tales como: tiempos de ejecución de las operaciones y distancias recorridas en el proceso.

Este estudio es de tipo no experimental; pues, se pretende estudiar el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial, tal y como ocurre de manera natural; es decir, sin ningún tipo de intervención directa sobre las variables involucradas en dicho proceso.

5.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación será descriptivo; pues, se identificarán las diferentes características del proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial.

5.3. Métodos de Investigación

Los métodos que se utilizarán en esta investigación son los siguientes:

- **Observación:**

Este método será empleado para recopilar cada una de las informaciones relacionadas directamente con el proceso de producción de calcio en el Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial; con el objetivo de determinar las problemáticas que

afectan la productividad. Se observarán las variables que generan pérdidas de tiempo, distancias innecesarias, productos terminados que presentan no conformidad, entre otros desperdicios; mediante el uso de herramientas como estudios de tiempos, método de Planeación Sistemática de la Distribución (SLP), algunas herramientas Lean, entre otras.

- **Síntesis:**

En esta investigación, se utilizará este método para reunir los elementos o problemáticas que afectan el proceso de producción de calcio del Laboratorio Farmacéutico Cris Industrial; con el propósito de analizar su naturaleza y comportamiento; y así, identificar los rasgos que caracterizan dichas problemáticas. Además, organizar la información obtenida y sintetizarla.

- **Deductivo:**

Se utilizará este método, con el objetivo de identificar las posibles ventajas que se propone obtener en esta investigación.

5.4. Técnicas de Investigación

Las técnicas que se utilizarán para la recolección de los datos necesarios para el desarrollo de esta investigación son las siguientes:

- Entrevistas.
- Encuestas.
- Referencias bibliográficas.
- Revisión de archivos.
- Grabaciones en video.

6. Fuentes de Documentación

- Tejeda, L., Ortiz, M., & Martich, A. (2013). *Optimización de la Línea de Producción H (Producto 12672), en una Empresa de Dispositivos Médicos, Ubicada en el Parque Industrial ITABO Haina, San Cristóbal, Año 2013* (Ingeniería). Universidad APEC.
- Solís, R., Caraballo, M., & Valdez, M. (2014). *Optimización del Proceso de Elaboración de Botellones Plásticos en la Empresa Agroplast S.R.L.* (Ingeniería). Universidad APEC.
- Saba, J., Dotel, L., & De León, Y. (2012). *Optimización de la Productividad en el Proceso de Fabricación de Bañeras en la Empresa Fibras Sintéticas Aplicando Lean Manufacturing* (Ingeniería). Universidad APEC.
- Lean Manufacturing. (2017). *Ingenieriaindustrialonline.com*. Recuperado el 21 de Junio de 2017, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad* (3a. ed.). México City: McGraw-Hill Interamericana.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4a. ed.). Distrito Federal: McGraw-Hill Interamericana.
- Carreira, B. (2007). *Lean manufacturing that works*. New Delhi: Prentice-Hall of India.

7. Esquema Preliminar de Contenido del Trabajo de Grado

PORTADA

Tabla de contenido

Dedicatorias

Agradecimientos

Resumen

INTRODUCCIÓN

Justificación

Objetivos

Delimitación de la investigación

Metodología de la investigación

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.

Generalidades del tema (empresa o sector)

Definiciones

Evolución del sector

Generalidades del tema (optimización)

Definiciones

Evolución de la optimización

Tipos de problemas optimización

Lean manufacturing

DMAIC (Do, Make, Act, Improve, Check)

Estudios de tiempos

Distribución de planta

SLP (Systematic Layout Planning)

CAPÍTULO 2. EMPRESA Y SU SITUACIÓN ACTUAL.

Descripción del laboratorio farmacéutico Cris industrial.

Ubicación

Cultura

Productos y servicios

Análisis de la situación actual (usar herramientas de diagnóstico preliminar)

Desarrollo o diseño de metodología para la optimización del proceso de elaboración de Calcio en el laboratorio farmacéutico Cris Industrial

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Herramientas de análisis 1

Herramientas de análisis 2

Herramientas de análisis 3

Herramientas de análisis 4

CAPÍTULO 4. PROPUESTA.

Propósito y Objetivo

Propuesta 1

Propuesta 2

Propuesta 3

Propuesta 4

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS