

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
DE GESTIÓN DE CALIDAD EN LA EMPRESA
MV VALVERDE, S.A., DURANTE EL PERÍODO
COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE SETIEMBRE
DEL AÑO 2019 HASTA EL 31 DE MAYO DEL
AÑO 2020**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR POR LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

SUSTENTANTE:

MARCO VINICIO VALVERDE FALLAS

TUTORA:

MSc. DIANA FRANCELA CÓRDOBA PÉREZ, ING.

SAN JOSÉ, ABRIL 2020

ACTA DE APROBACIÓN

San José, 6 de abril de 2020

Universidad Hispanoamericana
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante **Valverde Fallas Marco Vinicio**, cédula de identidad número 1-1127-0866, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN LA EMPRESA MV VALVERDE, S.A., DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE SETIEMBRE DEL AÑO 2019 HASTA EL 31 DE MAYO DEL AÑO 2020**, el cual ha sido elaborado para optar por el grado académico de **Licenciatura en Ingeniería Industrial**.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL	100%	91

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

DIANA
FRANCELA
CORDOBA
PEREZ (FIRMA)

Digitally signed by
DIANA FRANCELA
CORDOBA PEREZ
(FIRMA)
Date: 2020.04.06
21:56:55 -06'00'

Ing. Diana Córdoba Pérez, MSc, MEd.

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Marco Vinicio Valverde Fallas, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1127-0866 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Elaboración de una propuesta para el mejoramiento del sistema de Gestión de Calidad y de control de procesos en la Empresa MV Valverde S.A, durante el período comprendido entre el 1 de setiembre del año 2019 hasta el 31 de mayo del año 2020 es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 6 días del mes de abril del año dos mil veinte.

MARCO VINICIO
VALVERDE
FALLAS (FIRMA)

Firmado digitalmente
por MARCO VINICIO
VALVERDE FALLAS
(FIRMA)
Fecha: 2020.06.02
10:26:07 -06'00'

Firma del estudiante

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 17 de junio del 2020

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito Marco Vinicio Valverde Fallas con número de identificación 1-1127-0866 autor (a) del trabajo de graduación titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN LA EMPRESA MV VALVERDE, S.A., DURANTE EL PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE EL 1 DE SETIEMBRE DEL AÑO 2019 HASTA EL 31 DE MAYO DEL AÑO 2020** presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial; autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

MARCO VINICIO VALVERDE FALLAS (FIRMA)
Firmado digitalmente por
MARCO VINICIO VALVERDE
FALLAS (FIRMA)
Fecha: 2020.06.17 10:13:06
+06'00'

Firma y Documento de Identidad

ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.

b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana

c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

San José, 14 de junio de 2020

Señores

Departamento de Servicios estudiantiles

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En mi calidad de lectora del proyecto de graduación presentado por el estudiante Marco Vinicio Valverde Fallas, titulado "Diseño e implementación del sistema de gestión de calidad en la empresa MV Valverde, S.A, durante el período comprendido entre el 1 de setiembre del año 2019 hasta el 31 de mayo del año 2020", para optar por la licenciatura en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Debido a lo anterior considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado al proceso siguiente.

Atentamente,

Ana Catalina
Leandro
Sandí

Firmado digitalmente
por Ana Catalina
Leandro Sandí
Fecha: 2020.06.14
18:20:36 -06'00'

Ana Catalina Leandro Sandí

Cédula: 3-0398-0478

IPI-22762

DEDICATORIA

A todos los emprendedores que día a día salen a trabajar para dar el todo por el todo,
asumiendo el riesgo de apostar lo que poseen con la ilusión de un futuro mejor.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que es el motor de mi vida y sin ustedes absolutamente nada sería posible.

Al equipo de MV que a través de los años han compartido conmigo esta aventura.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	2
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	4
1.2.1 Misión	4
1.2.2 Visión	4
1.2.3 Organigrama	5
1.2.4 Antecedentes	8
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.3.1 Justificación	12
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	14
1.4.1 Objetivo general	14
1.4.2 Objetivos específicos	14
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	15
1.5.1 Alcances	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	16
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA	17
2.1.1 Diagramas de proceso	18
2.1.2 Grupos focales	20
2.1.3 Diagramas causa – efecto	20
2.1.4 Análisis estadístico de datos	22
2.1.5 Diagramas de Pareto	26
2.1.6 Costos de Calidad	27
2.1.7 Sistema de puntos críticos	29
2.1.8 Filosofía 6 sigma	30
2.1.9 Metodología KAIZEN	32
2.1.10 Indicadores	33
• Productividad.	33
• Defectuoso.	33
• Costos de calidad	34
2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	35
2.2.1 Estructura de descomposición del proyecto	35
2.2.2 Diagrama de Gantt	38
2.2.3 Metodología DMAIC	39
2.2.4 El ciclo planear, hacer, verificar y actuar (PHVA).	41
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	44
2.3.1 Aseguramiento de la Calidad.	44
2.3.2 Herramientas para la evaluación económica del proyecto	44

• 2.3.2.1. Análisis Beneficio Costo	46
• 2.3.2.2. Análisis del período de recuperación	48
• 2.3.2.3. Análisis del Valor Actual Neto (VAN)	49
• 2.3.2.4. Análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	50
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES	52
• Objetivo general	53
• Objetivos específicos	53
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	56
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	57
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL PROYECTO	58
3.3 METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA DEL PROYECTO	60
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	65
3.4.1. Estructura de descomposición del proyecto	65
3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	67
3.5.1 Diagrama de Gantt	67
3.5.2 Herramientas para la evaluación económica del proyecto	68
• 3.5.2.1 Análisis Beneficio Costo	69
• 3.5.2.2 Análisis del período de recuperación	70
• 3.5.2.3 Análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	70
CAPÍTULO IV. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	71
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	72
4.1.1. Indicadores de defectuoso	73
4.1.1 Costos de calidad	76
4.2 ANÁLISIS DEL PROCESO	78
4.3 ANÁLISIS DE CAUSAS	81
4.4 DETERMINACIÓN DE AREAS DE ESTUDIO PRIORITARIAS	83
4.5 ANÁLISIS DE CAUSAS PRINCIPALES PARA ÁREAS PRIORITARIAS	86
4.5.1 Análisis de errores generados en la relación con el cliente	86
4.5.2 Análisis de errores operativos	87
4.5.3 Análisis de errores relacionados con las mediciones	89
4.5.4 Análisis de errores relacionados con la etapa de Diseño	90
4.6 DETERMINACIÓN DE CAUSAS RAÍZ	92
4.7 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO	94
CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	97
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	98
5.2 PROPUESTAS REFERENTES A LA RELACIÓN CON EL CLIENTE	99
5.2.1 Mejoras en el contrato de trabajo	99

5.2.2	Formulario para registro de cambios _____	102
5.2.3	Reuniones de revisión de planos _____	103
5.3	PROPUESTAS EN REFERENCIA AL PROCESO DE DISEÑO DEL PRODUCTO _____	103
5.3.1	Reforzamiento del área _____	104
5.3.2	Mejoramiento del proceso de Aseguramiento de la Calidad del diseño _____	105
5.3.3	Sistema de evaluación del desempeño _____	107
5.4	PROPUESTAS PARA EL PROCESO DE MEDICIONES _____	108
5.4.1	Estandarización de la metodología a seguir durante las mediciones. _____	109
5.4.2	Registros de calibración _____	110
5.5	PROPUESTAS RELACIONADAS CON LAS OPERACIONES _____	113
5.5.1	Planos de taller _____	114
5.5.2	Metodología de traslado de la información al operario _____	114
5.5.3	Asignación de funciones a los operarios _____	115
5.5.4	Mejora en la supervisión de planta _____	120
5.5.5	Capacitación y certificación de habilidades. _____	120
5.5.6	Evaluación del desempeño _____	121
5.5.7	Automatización de operaciones _____	121
5.5.8	Mejoramiento en sistemas para planeación y programación de la producción y del control de la calidad. 126	
	VALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO _____	127
5.6	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN _____	132
	CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	135
6.1	CONCLUSIONES _____	136
6.2	RECOMENDACIONES _____	139
	BIBLIOGRAFÍA _____	141
	ANEXOS _____	142

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Organigrama de la Empresa MV. Valverde, S.A</i>	5
<i>Figura 2. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso</i>	8
<i>Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Flujo</i>	19
<i>Figura 4. Diagrama causa-efecto</i>	22
<i>Figura 5. Histograma</i>	24
<i>Figura 6. Tamaño de la muestra para poblaciones finitas</i>	26
<i>Figura 7. Diagrama de Pareto</i>	27
<i>Figura 8. Metodología para aplicación 6 sigma</i>	32
<i>Figura 9. Niveles Jerárquicos en la Estructura Descomposición del Trabajo</i>	36
<i>Figura 10. Ejemplo de Estructura Descomposición del Trabajo</i>	37
<i>Figura 11. Diagrama de Gantt</i>	39
<i>Figura 12. Metodología DMAIC</i>	41
<i>Figura 13. Ruta desde las propuestas hasta la evaluación económica</i>	45
<i>Figura 14. Fórmula convencional de Beneficio/Costo</i>	47
<i>Figura 15. Fórmula convencional de Período de Recuperación</i>	48
<i>Figura 16. Estructura de descomposición del proyecto</i>	66
<i>Figura 17. Diagrama de Gantt del proyecto</i>	68
<i>Figura 18. Cantidad de defectos por proyecto</i>	73
<i>Figura 19. Diagrama general del proceso</i>	79
<i>Figura 20. Diagrama causa-efecto</i>	82
<i>Figura 21. Diagrama de Pareto general</i>	85
<i>Figura 22. Diagrama de Pareto causas cliente</i>	87
<i>Figura 23. Diagrama de Pareto causas operativas</i>	89
<i>Figura 24. Diagrama de Pareto causas en mediciones</i>	90
<i>Figura 25. Diagrama de Pareto causas en diseño</i>	91
<i>Figura 26. Diagrama Causa Efecto – Causas raíz</i>	93
<i>Figura 27. Mejoras en embalaje de producto terminado</i>	101
<i>Figura 28. Registro de reparaciones y cambios</i>	102
<i>Figura 29. Organigrama propuesto</i>	105
<i>Figura 30. Diagrama de flujo de Diseño y Planificación</i>	107
<i>Figura 31. Diagrama de flujo – calibración</i>	112
<i>Figura 32. Diagrama de flujo – Explicación a operarios</i>	115
<i>Figura 33. Pizarra Diagrama de flujo – Área de acabados</i>	116
<i>Figura 34. Pizarra Diagrama de flujo – Área de Ebanistería</i>	117
<i>Figura 35. Elemento Poka Yoke – Área de Ebanistería</i>	119
<i>Figura 36. Elemento Poka Yoke – Área de Ebanistería</i>	119
<i>Figura 37. Máquina CNC</i>	123
<i>Figura 38. Máquina CNC</i>	124
<i>Figura 39. Elementos fabricados en la CNC</i>	125
<i>Figura 40. Costos de renta Odoo</i>	127
<i>Figura 41. Flujo de caja</i>	129
<i>Figura 42. Selección fórmula TIR</i>	130
<i>Figura 43. Selección de rango para TIR</i>	130
<i>Figura 44. Cálculo del TIR</i>	131

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. MV Valverde - Resumen de problemas de calidad – varios proyectos</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2. Simbología de Diagrama de Flujo</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 3. Costos de Calidad.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 4. Defectuoso para diferentes niveles de variación</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 5. Pasos para la solución de un problema con PHVA.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 6. Formato para registro de defectos por proyecto</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 7. Técnicas utilizadas durante la solución del problema con PHVA.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 8. Indicadores de calidad por proyecto.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 9. Horas semanales dedicadas a prevención y evaluación de la calidad.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 10. Costos actuales anuales de prevención y evaluación de la calidad</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 11. Costos actuales anuales de fallas internas y externas.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 12. Tabla de datos para Pareto General por tipo de defecto</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 13. Pareto por tipo de defecto - clientes.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 14. Pareto por tipo de defecto – causas operativas</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 15. Pareto por tipo de defecto – causas en mediciones.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 16. Pareto por tipo de defecto – causas de diseño</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 17. Causas raíz generadas con multivoto</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 18. Estatus de implementación de las propuestas.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 19. Cronograma de implementación de actividades pendientes.....</i>	<i>134</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. EJEMPLOS DE ERRORES DE CALIDAD EN PROYECTOS EN MV VALVERDE, S.A. USADOS PARA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	143
ANEXO 2. REGISTRO DE ERRORES DE CALIDAD EN PROYECTOS EN MV VALVERDE, S.A.	145
ANEXO 3. LISTADO DE DEFECTOS – AÑO 2019	147
ANEXO 4. COSTOS DE FALLAS INTERNAS Y EXTERNAS	151
ANEXO 5. DIAGRAMAS DE PROCESO	154
ANEXO 6. CANTIDADES PRODUCIDAS – AÑO 2019	159
ANEXO 7. NIVELES 6 SIGMA	165
ANEXO 8. FORMULARIO PARA REGISTRO DE ERRORES, CAUSAS Y LECCIONES APRENDIDAS	167
ANEXO 9. FORMULARIO PARA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO	169
ANEXO 10. FORMATO PARA REGISTRO DE MEDICIONES	171
ANEXO 11. FORMATO PARA REGISTRO DE CALIBRACIONES	173
ANEXO 12. FORMATO PARA RECORRIDOS DE	175
ANEXO 13. CAPACITACION Y CERTIFICACION DE HABILIDADES	177
ANEXO 14. COTIZACIONES CNC	180
ANEXO 15. DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE ODOO	195
Anexo 16. PRESENTACIÓN DE SOFTWARE PROMOB	199
Anexo 17. DETALLE DE CALCULO DE FRECUENCIAS PARA TABLAS 13, 14, 15 Y 16	202

RESUMEN EJECUTIVO

Valverde Fallas, Marco Vinicio, Universidad Hispanoamericana, mayo 2020, Diseño e implementación del Sistema de Gestión de Calidad en la Empresa MV Valverde S.A, durante el período comprendido entre el 1 de setiembre del año 2019 hasta el 31 de mayo del año 2020. Diana Francela Córdoba Pérez.

El proyecto se realizó en la empresa MV VALVERDE S.A, empresa dedicada a la manufactura de productos de madera y en la que se detectan inconsistencias en la calidad de los productos.

Con el estudio se busca fortalecer el SGC de la empresa MV Valverde S.A mediante la redefinición e implementación de estándares y controles para disminuir la cantidad de defectos y el porcentaje de reprocesos. El alcance del estudio cubre sus instalaciones ubicadas en el Barrio La Trinidad de Aserrí, incluyendo desde el diseño y hasta completar la instalación del producto donde el cliente, usando datos que van desde octubre del año 2018 hasta noviembre del 2019.

El proyecto se realiza implementando la metodología DMAIC (definir, medir, analiza, mejorar y controlar), para determinar las propuestas de mejora necesarias.

Como resultado principal se llega a la conclusión de que el problema de calidad no tiene una causa única o principal, sino que se trata de un problema multivariable, que requiere que se ataque simultáneamente causas que fueron agrupadas en 4 procesos; relaciones con el cliente, mediciones, diseño y operaciones.

Cada una de estas áreas conlleva una serie de propuestas apoyadas en el aval de un grupo focal gerencial. Dichas propuestas ya iniciaron su implementación y se espera terminar con las más complejas para el mes de junio del 2020. Como resultado de las mejoras se espera una disminución de los errores de calidad y de sus gastos asociados, lográndose un TIR del 70% y un período de 16 meses para la recuperación de la inversión.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El desarrollo del presente proyecto está orientado a la elaboración de una propuesta que permita a la empresa mejorar sustancialmente su sistema de aseguramiento de la calidad, pues es la visión de la Gerencia General que la empresa sufre constantemente de problemas en esta área. La realidad detectada es que se generan errores de calidad durante los procesos de fabricación del producto, relacionados con las diferentes variables involucradas en dichos procesos, a saber; materiales, maquinaria, factor humano, y medio ambiente, entre otros. Todos estos errores obligan a reprocesos, con la consecuente pérdida de tiempo y materiales. Además de ello también se detectan problemas al momento de la instalación del producto donde el cliente, que también provocan costos adicionales por reprocesos e incluso en algunas ocasiones problemas de imagen ante el cliente. Se estima que todo genera pérdidas aproximadas de 12 millones de colones anuales a la empresa, provocando costos adicionales por reprocesos que ascienden hasta un 10% de costo adicional.

El proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación de Calidad de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana. Con la aplicación de diferentes herramientas de Ingeniería Industrial referentes al control, mejoramiento y estandarización de procesos, se podrá tener un impacto positivo en los indicadores de reprocesos y desperdicios mencionados en la etapa de diagnóstico de este proyecto, de modo que se disminuya los costos asociados con ellos; al tiempo que se previene la repetición de dichos

errores durante el proceso, por lo que se logra cumplir con las expectativas de calidad del producto y por ende se mantiene o mejora la imagen ante el cliente.

El proyecto se encuentra subdividido en seis capítulos; el primero de ellos presenta la problemática, objetivos y alcances del proyecto. En el segundo capítulo se sustenta el marco teórico que sirve de base para el desarrollo del estudio, mientras que el capítulo 3 explica la metodología empleada en el mismo. El capítulo 4 presenta el diagnóstico realizado, donde se confirma la línea base y se realiza el análisis de causas del problema en estudio. Posteriormente en el capítulo 5 se diseña la propuesta de solución y se define la metodología de implementación necesaria para lograr los resultados esperados. Finalmente, en el capítulo 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

El presente estudio se realiza en la empresa MV Valverde, S.A., empresa dedicada a la fabricación de muebles de primera calidad hechos a la medida y según los requerimientos del cliente. La información que se expone a continuación fue obtenida mediante entrevistas realizadas al Gerente de la Empresa. También se complementó la información utilizando la página web de la empresa, para tomar y confirmar datos básicos referentes a los productos que se fabrican¹.

Durante el año 2017, la empresa definió su misión y su visión de la siguiente manera:

1.2.1 Misión

MV Valverde S.A es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos de madera hechos a la medida para el mercado residencial y corporativo, con un alto nivel de calidad y servicio para sus clientes.

1.2.2 Visión

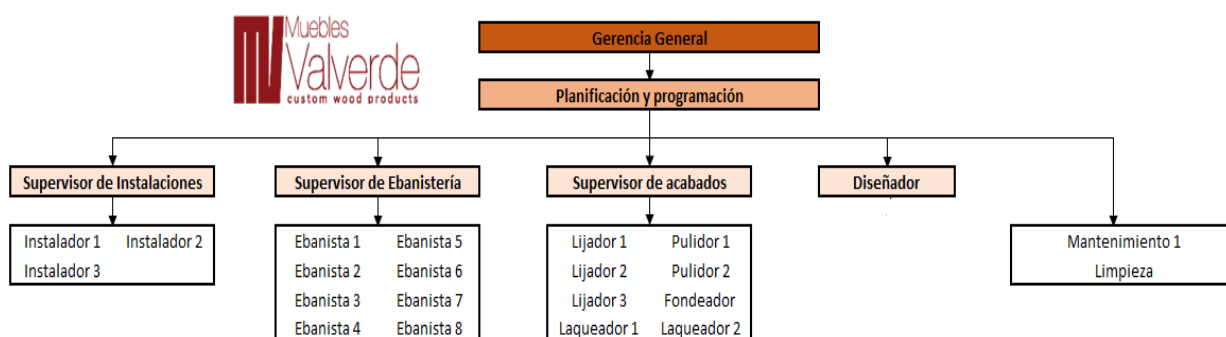
MV Valverde S.A será una empresa líder a nivel nacional en la fabricación y comercialización de productos de madera hechos a la medida, tanto para el mercado residencial como corporativo; donde la calidad de sus productos, así como la eficiencia y eficacia en el desarrollo de los proyectos, garanticen los más altos estándares de calidad y servicio para sus clientes.

¹ Para detalle al respecto visitar la página web: www.mueblesvalverdecr.com

La empresa cuenta actualmente con un total de 27 empleados, que incluye 7 colaboradores en puestos administrativos o de jefatura, 20 en funciones operativas de producción, subdivididos en 8 en el área de ebanistería, 8 en acabados, uno en mantenimiento y otros 3 encargados de realizar la instalación del producto donde el cliente. La distribución funcional de este personal se ilustra en el organigrama que se muestra a continuación.

1.2.3 Organigrama

Figura 1. Organigrama de la Empresa MV. Valverde, S.A



Fuente: MV Valverde SA, 2020

La dirección de la empresa recae en su Gerente General, quien es también el socio mayoritario y realiza además las funciones principales de mercadeo y contacto con el cliente. Está luego la encargada de diseño, quien prepara los planos y las instrucciones para que el producto entre en producción. Además, el Gerente General cuenta con una asistente que sirve de puente entre las áreas de diseño y producción, realiza labores de planeación de la producción según los compromisos adquiridos con los clientes, así como

labores de verificación de los inventarios existentes y de compra de los materiales requeridos. También realiza la coordinación con el área de instalación. Se cuenta además con dos supervisores de producción; uno de ebanistería y otro de acabado y también se cuenta con un supervisor a cargo del grupo que realiza la instalación donde el cliente.

A lo largo de sus 45 años de existencia, la empresa ha venido especializándose en fabricar productos de madera a la medida para sus clientes, tanto a nivel detallista para el consumidor final, propietario de una residencia, como a nivel corporativo para espacios de oficina y hotelería. En dicha línea de productos destacan los siguientes:

- Muebles de cocina
- Muebles para baño
- Puertas
- Panelería para oficinas
- Rodapiés
- Artesonados
- Closets
- Otros muebles y accesorios de decoración.

El proceso de producción inicia con el diseño del producto acorde a lo estipulado por el cliente, confeccionándose los planos del producto de acuerdo a dichos requerimientos.

Posteriormente viene el proceso de corte de los diferentes componentes del producto y luego el armado y cepillado de las partes, para posteriormente pasar por una etapa de

dimensionado y tapeteado. Luego de esto, se liján los productos para terminar dándoles el acabado final.

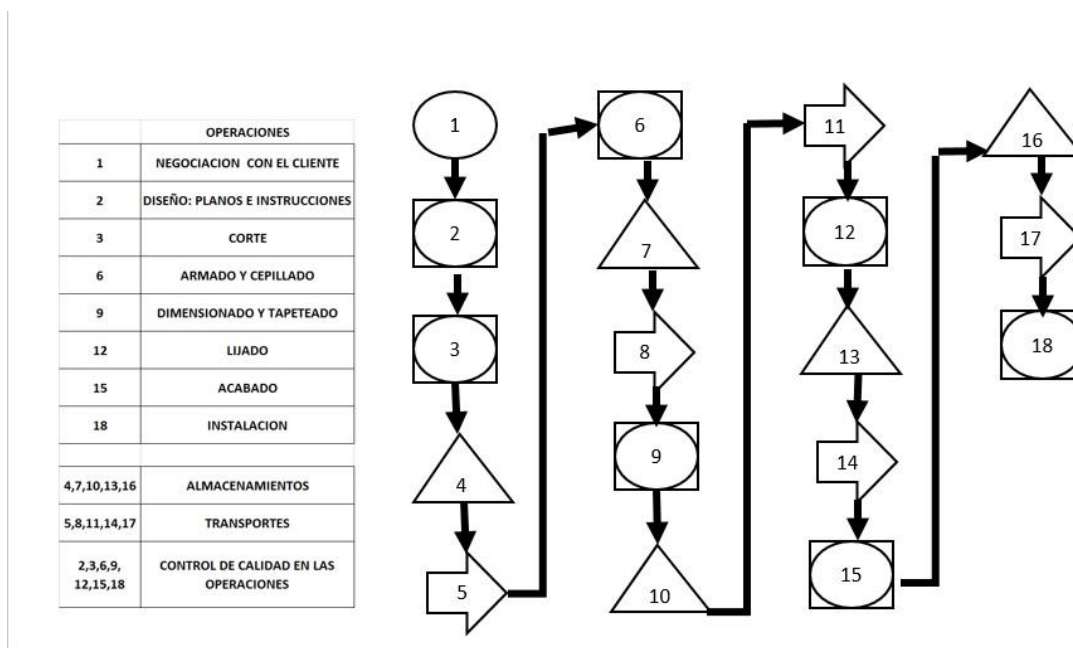
Sin embargo, la realización total o parcial de estas etapas depende del tipo de producto, pues vendrá posteriormente la etapa de instalación donde el cliente, donde en algunos casos es necesario terminar los procesos de lijado, armado y acabado hasta ese momento, según lo requiera el producto específico.

Debe recalcar que cada una de las operaciones de producción implica a su vez un control de la calidad realizado por el propio operador, por el operario del siguiente proceso y también por el supervisor respectivo. Entre cada etapa del proceso se realiza almacenamientos temporales del producto en proceso y luego esto se transporta completo a la siguiente operación.

Muchos de estos productos se fabrican de madera sólida secada al horno, lo que garantiza la durabilidad del producto, y utilizando maderas preciosas como Cedro, Cenízaro, Roble y Laurel, entre otros.

El siguiente diagrama de flujo ilustra las operaciones de este proceso.

Figura 2. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso



Fuente: Elaboración propia, 2020.

1.2.4 Antecedentes

La empresa MV Valverde, S.A. está ubicada en el Barrio María Auxiliadora de Aserrí y fue fundada por el señor Edgar Valverde en el año 1972, trabajando él junto con un ebanista en la cochera de la casa. Conforme pasaron los años la empresa fue creciendo, y fue necesario luego comprar un lote donde se construyó un mejor taller con mayor equipamiento.

Dentro de estas transiciones de crecimiento, sucedió que en el año 2005 la empresa fue cedida por el señor Valverde a sus hijos, siendo la mayor parte de las funciones asumidas por el hijo mayor, Marco Valverde, quien funge desde entonces como Gerente General con recargo de otras funciones. La mejora en los procesos de mercadeo, así como la inserción

de nuevas tecnologías han sido fundamentales para continuar con el crecimiento de la empresa.

Se ha adquirido nuevo equipo y se ha realizado también la ampliación del área de producción; factores necesarios para poder llegar a clientes importantes a nivel corporativo y de hotelería. Dentro de dichas ampliaciones se ha incluido también la definición de áreas específicas en la planta para destinarlas a bodega de materia prima y para bodega de inflamables.

La empresa ha procurado incursionar en el mercado internacional, lográndose completar el amueblado de 5 casas en Miami, gracias a la excelente calidad del producto que se ofrece. Sin embargo, esta expansión internacional se ha dejado en fase de prueba piloto, debido a toda la dificultad logística que implica, desde factores relacionados con el transporte marítimo, hasta problemas con la subcontratación de la instalación y otros muchos detalles.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la empresa MV Valverde, S.A. se han detectado inconsistencias en la calidad de los productos a través de los diferentes procesos involucrados. Existen registros no estandarizados donde consta la magnitud de los errores detectados, sin que se haya realizado hasta la fecha un análisis minucioso de la situación y de las causas que los generan.

La empresa cuenta con procesos definidos, pero los mismos no han sido debidamente documentados y por la índole del producto y su fabricación personalizada según las necesidades del cliente, puede que no todos los procesos se ejecuten siempre o puede que se realicen en orden o forma diferente, según el caso.

Es debido a lo anterior, que en los diferentes procesos puede que se utilicen también métodos subjetivos para valorar la calidad del producto, ocasionándose inconsistencias, diferencias de criterio y conflictos entre los departamentos. Al final estas inconsistencias, faltas de atención, negligencias, o la utilización de herramientas subjetivas pueden provocar reprocesos y o problemas de calidad con el cliente. Se suma a ello que las diferencias de criterio entre departamentos o entre algún departamento y la Gerencia, pueden generar también conflictos y afectar el clima organizacional de la empresa.

La gerencia general de la empresa sustenta la problemática existente con tres percepciones que se espera verificar en el desarrollo del estudio:

- Se evidencian errores en cada una de las áreas del proceso productivo, lo que genera reprocesos. Se considera que el 15% de los productos requiere de algún reproceso.
- Un segundo indicador del problema percibido es que se estima que aproximadamente en el 50% de las instalaciones del producto donde el cliente se debe realizar ajustes de último momento para que el producto calce adecuadamente en las formas y espacios disponibles.
- Y finalmente, según la gerencia general de la empresa, dado que existe subjetividad en los procesos de inspección y control de calidad, esto provoca desacuerdos y rechazos por parte del cliente. Este indicador de insatisfacción y rechazo por parte del cliente se considera de un 10% de los productos, los cuales requieren de arreglos o incluso en algunos casos, volver a fabricarlos.

Para iniciar la búsqueda de datos se revisaron los archivos de proyectos realizados en los últimos 2 meses y se pudieron constatar los siguientes problemas de calidad:

Tabla 1. MV Valverde - Resumen de problemas de calidad – varios proyectos

Proyecto	Cantidad
Wolf	23
Kader	17
Coopeservidores	9

Fuente: Archivos de proyectos–Departamento de Programación MV Valverde, S.A.. 2020

El detalle de los defectos de calidad que sustentan la tabla anterior, se presenta en el Anexo N° 1.

También colaboraron para la definición del problema los principales colaboradores de la empresa, quienes emitieron sus criterios en un grupo focal. Participaron en este, el gerente general, la responsable de planificación y programación, los diseñadores y los supervisores de los diferentes procesos, quienes hicieron referencia a las causas y efectos en la problemática, lo cual se profundiza en el capítulo IV de esta investigación.

Con base en lo enunciado anteriormente, se define el problema de la siguiente manera:

La gerencia de la empresa considera que la mayor debilidad que tiene su empresa en este momento es la gestión de calidad, ya que la empresa pierde competitividad y su imagen se ve debilitada ante los ojos de sus clientes, dados los defectos de calidad y los reprocesos que se suceden continuamente.

La gerencia considera que la empresa tiene pérdidas importantes de dinero, aun no claramente cuantificadas, dados los errores de calidad en los procesos y en los productos.

1.3.1 Justificación

En la empresa se detectan inconsistencias en la calidad de los productos a través de los diferentes departamentos. La empresa cuenta con procesos definidos, pero no documentados y debido a la índole del producto y su fabricación personalizada, se vuelve muy complicado una estandarización del proceso por producto; por lo cual solo se tienen definidos procesos que se ejecutan en orden diferente, dependiendo del producto a fabricar.

La empresa cuenta con cuatro departamentos y en todos los casos se detectan inconsistencias, faltas de atención, negligencias, o la utilización de herramientas subjetivas en lugar de métricas claras para determinar el estándar correcto de calidad esperado.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo general

Fortalecer el Sistema de Gestión de Calidad que empíricamente había desarrollado la empresa MV Valverde S.A mediante la redefinición e implementación de estándares y controles a lo largo del proceso productivo, disminuyendo la cantidad de defectos y el porcentaje de reprocesos.

1.4.2 Objetivos específicos

El objetivo general enunciado se complementa con la definición de los siguientes objetivos específicos:

1. Diagnosticar el proceso productivo a través de un mapeo que permita la identificación de los errores de calidad que se presentan en cada etapa.
2. Cuantificar el peso relativo de los diferentes tipos de defectos de calidad que se han detectado en el proceso, utilizando para ello los registros de proyectos elaborados durante el último año de trabajo.
3. Establecer los elementos críticos, estándares y registros necesarios para el control periódico de la calidad en el proceso productivo
4. Medir el impacto esperado producto de la actualización del SGC.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

El presente estudio analiza todo el proceso de producción de la empresa MV Valverde S.A. en sus instalaciones ubicadas en el Barrio María Auxiliadora de Aserrí, incluyendo desde la etapa de diseño y hasta completar la instalación del producto donde el cliente. Para ello se utilizará todos los registros existentes de proyectos realizados por la empresa durante el último año de trabajo, así como los que se realicen desde el momento de inicio de este proyecto hasta la terminación de la etapa de diagnóstico del estudio. Se considera entonces un espacio de tiempo de información que va desde octubre del año 2018 hasta noviembre del 2019.

Dicho alcance implica los siguientes entregables:

- Definir el sistema de elementos críticos para el aseguramiento de la calidad. Entre dichos indicadores se espera definir y registrar indicadores de defectuoso, de reproceso, de costos de calidad y del nivel de satisfacción del cliente, representado este último como un porcentaje de quejas recibidas con respecto a los proyectos realizados.
- Cuantificar la situación actual de los diferentes indicadores enunciados en el punto anterior y establecer los estándares necesarios para su control.
- Elaborar una propuesta. para el mejoramiento del sistema de Gestión de Calidad y de control de procesos en la Empresa MV Valverde S.A

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

Como se mencionó en el capítulo introductorio, con el presente proyecto se pretende la elaboración de una propuesta que permita a la empresa mejorar sustancialmente su sistema de aseguramiento de la calidad, ya que la Gerencia General tiene claro que la empresa sufre continuamente problemas en esta área.

Es por lo anterior que el proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación de Calidad de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana y mediante la aplicación de diferentes herramientas de Ingeniería Industrial referentes al control, mejoramiento y estandarización de procesos, se logrará impactar positivamente en los indicadores de calidad, reprocesos y desperdicios.

En síntesis, y realizando una proyección del desarrollo del estudio, se enumera a continuación las diferentes herramientas de Ingeniería Industrial que se utilizarán durante el mismo:

1. Diagramas de proceso
2. Grupos focales
3. Diagramas causa – efecto
4. Análisis estadístico de datos
5. Diagramas de Pareto
6. Análisis de modo de falla y sus efectos
7. Costos de Calidad

8. Sistema de puntos críticos
9. Filosofía 6 sigma
10. Metodología KAISEN
11. Indicadores.

A continuación, se realiza un esbozo general de cada una de estas áreas.

2.1.1 Diagramas de proceso

Los diagramas de flujo de proceso, o diagramas de proceso son una representación gráfica que se utiliza para visualizar en su conjunto, todas las actividades que conforman un proceso que se desea estudiar para mejorar.

Existen diferentes variaciones de estos diagramas, según el uso que se les vaya a dar, pero principalmente muestran la secuencia de las actividades del proceso, el tipo de actividad de que se trata, los responsables de cada actividad y puede mostrar también los tiempos de duración de las actividades, así como la cantidad de personas o colaboradores involucrados.

La principal simbología que se utiliza para representar las diferentes etapas de un proceso se muestra en la siguiente tabla y después de la simbología se presenta un ejemplo de la aplicación en un diagrama.

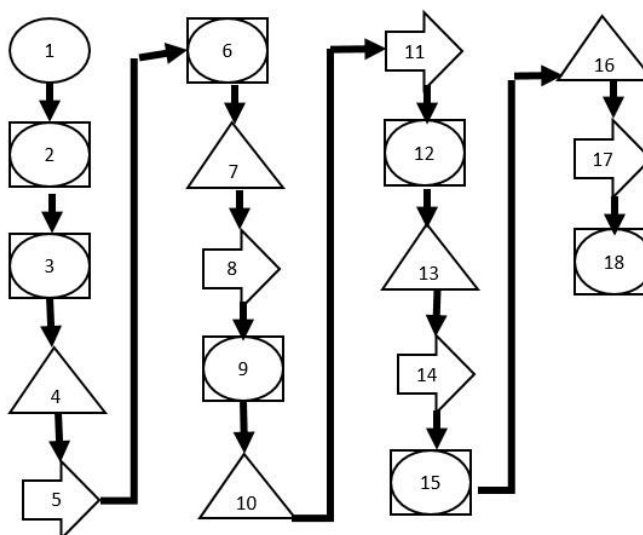
Tabla 2. Simbología de Diagrama de Flujo

SÍMBOLO	REPRESENTA
	Inicio o término. Indica el principio o el fin del flujo, puede ser acción o lugar, además se usa para indicar una unidad administrativa o persona que recibe o proporciona información.
	Actividad. Describe las funciones que desempeñan las personas involucradas en el procedimiento.
	Documento. Representa un documento en general que entre, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	Decisión o alternativa. Indica un punto dentro del flujo en donde se debe tomar una decisión entre dos o más alternativas.
	Archivo. Indica que se guarda un documento en forma temporal o permanente.
	Conector de página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente, en la que continúa el diagrama de flujo.
	Inspección de calidad

Fuente: International Organization for Standardization (ISO)

Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Flujo

	OPERACIONES
1	NEGOCIACION CON EL CLIENTE
2	DISEÑO: PLANOS E INSTRUCCIONES
3	CORTE
6	ARMADO Y CEPILLADO
9	DIMENSIONADO Y TAPETADO
12	LIJADO
15	ACABADO
18	INSTALACION
4,7,10,13,16	ALMACENAMIENTOS
5,8,11,14,17	TRANSPORTES
2,3,6,9,12,15,18	CONTROL DE CALIDAD EN LAS OPERACIONES



Fuente: Elaboración propia, 2020

2.1.2 Grupos focales

Los grupos focales, también conocidos como focus groups, son una metodología que busca que un grupo de personas conocedoras de algún tema, se enfoquen justamente en el análisis de dicho tema, emitiendo cada uno sus juicios individuales y buscando como grupo consenso sobre el tema en discusión. Para efectos de este proyecto el grupo de trabajo lo conforman algunos de los colaboradores de la empresa, conocedores de los problemas de calidad existentes y con ellos se realizará una lluvia de ideas para describir todas las posibles causas que generan defectuoso, desperdicio y/o reprocesos.

Justamente para hacer su trabajo el grupo focal puede utilizar como una de sus herramientas el diagrama de proceso que se mencionó anteriormente.

2.1.3 Diagramas causa – efecto

El resultado de la lluvia de ideas obtenido de las reuniones del grupo focal se visualiza mejor en un diagrama causa – efecto. Este diagrama, creado por el japonés Kaoru Ishikawa es parte de una serie de herramientas utilizadas en el análisis y solución de problemas y también es por eso llamado Diagrama de Ishikawa. Según Besterfield (2009) “con los diagramas de causa y efecto se investigan los efectos “malos” y se emprenden acciones para corregir las causas” (p.81).

En el diagrama se parte de la definición del problema o “efecto” en estudio y a partir de ahí se busca ramificar las causas de dicho problema, agrupándolas principalmente en 6 grandes áreas: materiales, métodos, mano de obra, maquinaria, medio ambiente y medición. Se detalla a continuación lo que se puede contemplar en cada una de estas

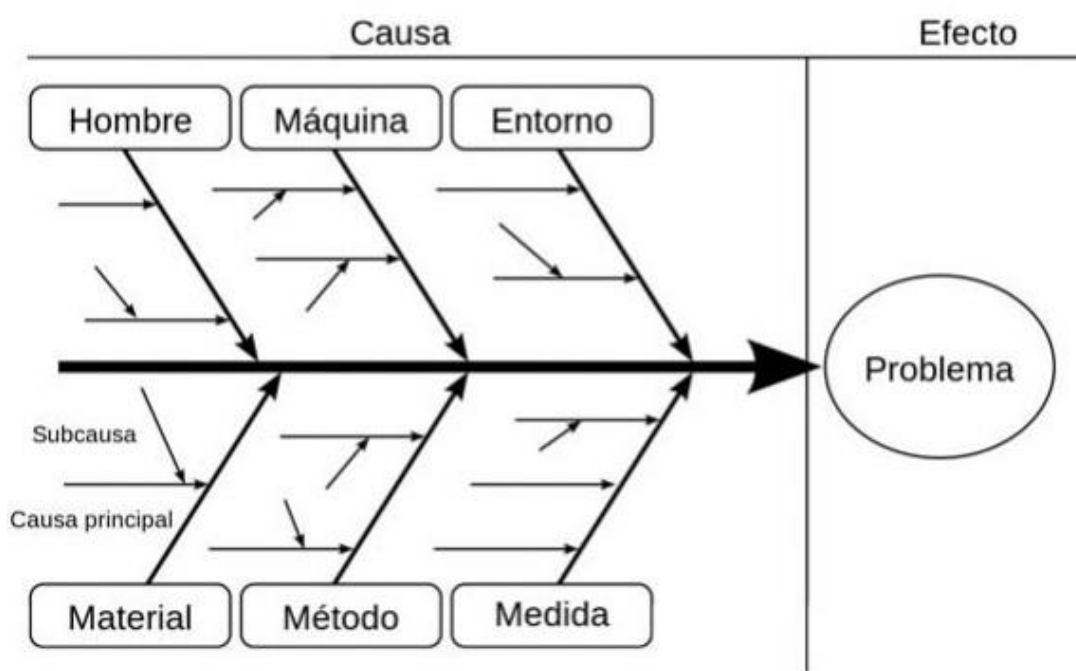
ramificaciones, aunque puede haber causas que pertenezcan simultáneamente a dos o más ramas.

- **Mano de obra:** se incluye aquí todo lo relacionado con el personal, su forma de trabajar, actitudes, capacidades y motivaciones.
- **Maquinaria o Equipo:** Todas las maquinas, equipos o herramientas y su capacidad para cumplir con el nivel de calidad o productividad esperado van en este apartado. Puede incluirse también hardware, software, repuestos, y temas de obsolescencia con respecto a lo existente en el mercado.
- **Métodos:** Aquí se registra la forma en que se hacen las cosas; si los métodos empleados son los establecidos y los correctos para lograr los resultados, independientemente de los empleados que estén realizando el trabajo.
- **Medición:** En esta rama va todo lo relacionado con inspecciones y mediciones, métodos para el aseguramiento de la calidad, la calibración de equipos, los métodos y tamaños de muestreo y otros temas relacionados.
- **Materia prima:** Las causas que tengan que ver con los materiales usados en el proceso, tanto los que se usan para fabricar el producto hasta los que se usan para hacer limpieza, suministros, y otros; sus proveedores, la variabilidad y especificaciones de cada material, su facilidad de uso e incluso asuntos de manejo y almacenamiento.
- **Medio ambiente o entorno:** Dentro de medio ambiente se registran las condiciones del entorno en el que se trabaja; como iluminación, temperatura, humedad, ruido y otros factores. Incluye también aspectos de clima y Cultura organizacional.

Teniendo ya agrupadas y definidas las posibles causas del problema es posible entonces iniciar la investigación en el campo o utilizar datos estadísticos históricos para determinar las causas prioritarias a atacar.

La figura 4 es un ejemplo del diagrama causa efecto.

Figura 4. Diagrama causa-efecto



Fuente: Control de Calidad, Besterfield, Dale H. Pearson. 8ta edición.2009

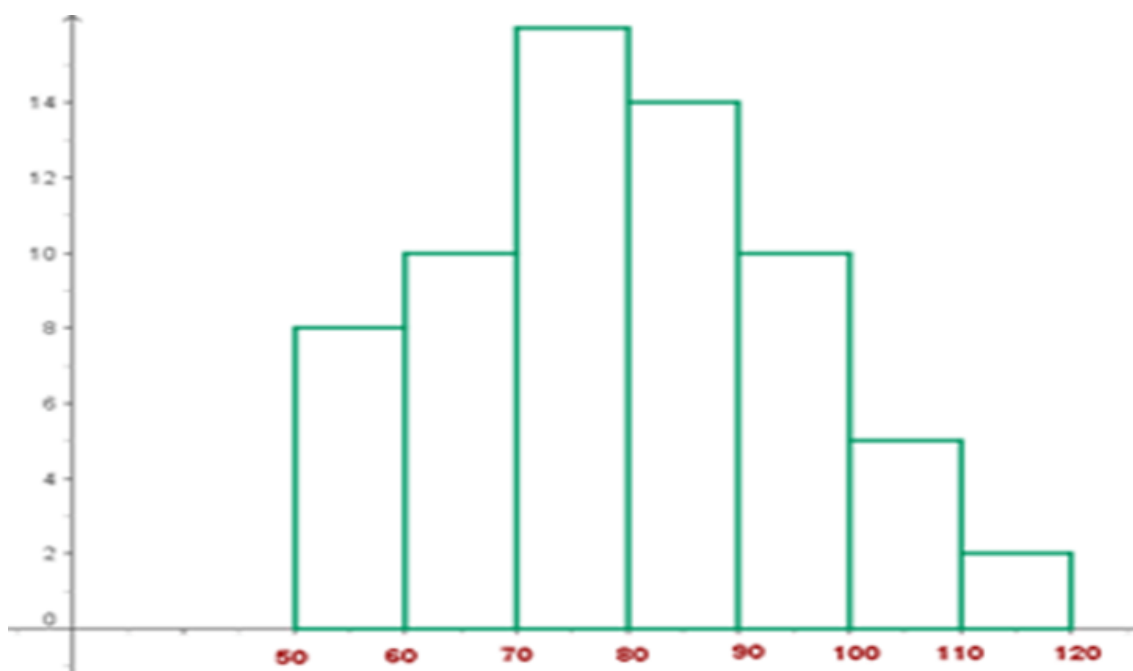
2.1.4 Análisis estadístico de datos

Cuando se tiene una serie de factores o elementos a investigar y se requiere establecer prioridades, es necesario utilizar datos para cuantificar y así justificar las prioridades que se establecen.

La estadística descriptiva nos permite las herramientas básicas necesarias para este análisis, donde usualmente se parte de datos históricos para tratar de hacer una fotografía de la situación. Teniendo una cantidad de datos representativa es posible clasificar esos datos según su frecuencia absoluta y relativa y crear gráficos como el Histograma y el Pareto, que nos permiten visualizar la importancia alta o baja que pueden tener un grupo de datos o una característica en estudio.

El Histograma permite ver la concentración de grupos de datos clasificados desde una clase central hacia los valores extremos que se tienen, lo que permite visualizar el comportamiento de los datos, su centro y sus extremos. Cuando la cantidad es suficiente, esto nos permite inferir valores centrales como la media y la dispersión de los datos en una medida como la desviación estándar, pasándose entonces a la estadística inferencial, la cual permite hacer inferencias y calcular probabilidades de ocurrencia de algún evento aleatorio.

Un ejemplo de histograma se muestra a continuación.

Figura 5. Histograma

Fuente: Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, Montgomery, D. y Runger, G. LIMUSA. 2da edición. 2007

Se debe tomar en cuenta que dependiendo de la situación de investigación así será el tamaño de la muestra que se requiera. Según Montgomery y Runger (2007) “una muestra es un subconjunto de observaciones que se seleccionan de una población” (p.262). Es por ello que el tema de muestreo debe también contemplarse.

El proceso para realizar el muestreo requiere realizar los siguientes pasos:

1. Se debe determinar cuáles son los elementos que poseen las características requeridas para la investigación. Esto es lo que se denomina “población objetivo”.
2. Construir el marco del muestreo, el cual es la representación física de la población objetivo. Esto se puede hacer mediante una lista comprensiva de

todos los elementos o mediante una definición clara de las características que identifican dicha población, por ejemplo, marco muestral constituido por todas las unidades fabricadas durante el año 2019.

3. Seleccionar el método para la selección de la muestra. Esta metodología debe ser aleatoria y lograr la representatividad de toda la población objetivo. Para ello se puede utilizar números aleatorios tanto en forma manual como en sistemas computadorizados. También está la técnica de seleccionar el primer elemento al azar y luego repartir el resto de la muestra a intervalos uniformes hasta llegar al final del período contemplado para la muestra.
4. Determinar la cantidad de elementos a seleccionar en la muestra. La formulación matemática para el cálculo se explica más adelante.
5. Seleccionar la muestra de acuerdo a lo estipulado en los pasos anteriores.

Como se mencionó en el punto 4, el muestreo estadístico requiere determinar el tamaño de la muestra a utilizar, así como definir la metodología a seguir para garantizar la representatividad y aleatoriedad.

Como la cantidad de productos que se fabrica y la cantidad de empleados a valorar es conocida, en este caso se debe utilizar para determinar el tamaño de la muestra la fórmula para poblaciones finitas, según se presenta en la figura 7.

Figura 6. Tamaño de la muestra para poblaciones finitas

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

Fuente: Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, Montgomery y Runger. LIMUSA. 2da edición. 2007

Donde, n: es el tamaño de la muestra que se desea conocer.

N: el tamaño conocido de la población en estudio.

p: porcentaje esperado de defectos.

q: 1-p.

pq: varianza de la población.

z: nivel de confianza definido para el muestreo.

2.1.5 Diagramas de Pareto

Cuando se llega a obtener los datos necesarios para el análisis, ya sea como resultado de un muestreo o con una población total, se puede utilizar el diagrama de Pareto para representar la frecuencia acumulada con que sucede algún evento o atributo, como por ejemplo tipos de defectos. Así las cosas, cuando se construye un diagrama Causa Efecto y se logra cuantificar la cantidad de veces que se repite cada una de las causas enumeradas en este, es posible construir un diagrama de Pareto, y cada una de las barras o columnas de dicho diagrama representa la importancia absoluta y relativa de cada uno de los defectos.

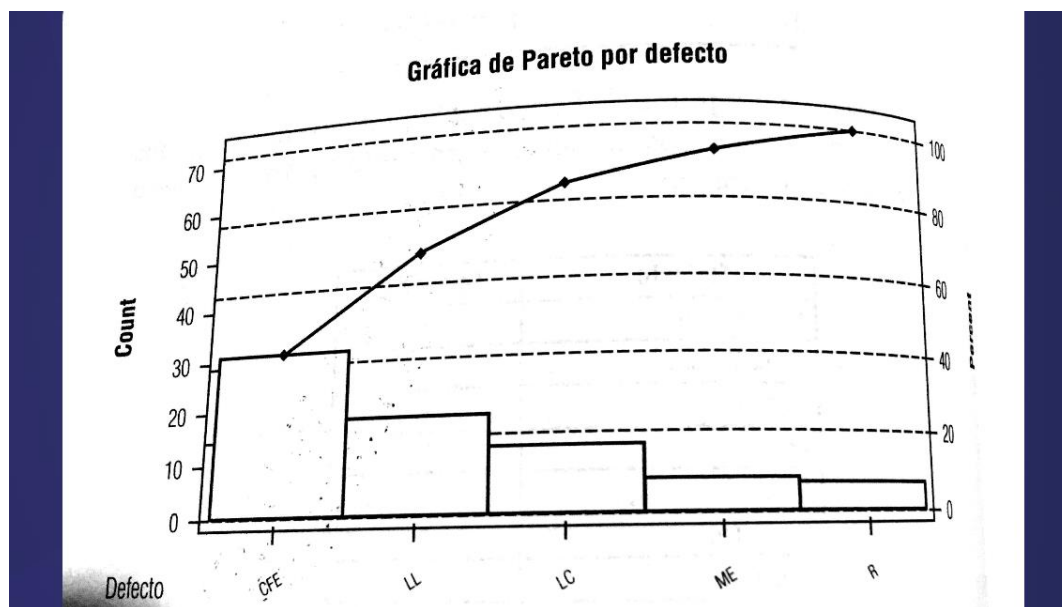
Entonces este diagrama ayuda a clasificar las características de calidad, de acuerdo con su frecuencia y su importancia y esto permite concentrar la atención solamente sobre aquellas características que son importantes. La teoría indica que el 80% de los

problemas se puede solucionar si se elimina el 20% de las causas que producen los fallos en una empresa. Según Besterfield (2009), se conceptualiza el diagrama de Pareto como “una gráfica que clasifica los datos en orden descendente, de izquierda a derecha” (p. 78).

Se concentra entonces el análisis en las causas más importantes, para analizarlas, hacer pruebas, estudiar sus resultados y planear mejoras.

Este diagrama a continuación es un ejemplo del diagrama de Pareto.

Figura 7. Diagrama de Pareto



Fuente: Análisis y mejoramiento de la calidad, Escalante, E. México: LIMUSA. 2006

2.1.6 Costos de Calidad

En los sistemas modernos de calidad, la cuantificación de los costos se vuelve sumamente importante, ya que anteriormente se consideraba que el control de calidad era simplemente un gasto necesario. Sin embargo, en la actualidad se ha logrado demostrar

que toda inversión que se realice en prevención de errores tendrá un efecto positivo, no solo disminuyendo las pérdidas por errores y reprocesos, sino también porque se mejora la imagen ante los clientes y ante el mercado en general.

Entonces el sistema de costos de calidad clasifica los costos relacionados con la calidad en cuatro grandes grupos: costos de prevención, costos de inspección, costos de fallas internas y costos de fallas externas. Al cuantificar estos cuatro grupos la idea es determinar si los costos invertidos en prevención e inspección son suficientes para progresivamente ir reduciendo los costos por fallas, tanto internas como externas, hasta la meta ideal de cero defectos.

Como ejemplos de la clasificación de costos, se tiene que todo lo que tenga que ver con planear la calidad del producto, planear el proceso de modo que se minimicen los posibles errores son considerados dentro del rubro de costos de prevención. Luego la depreciación de los equipos y herramientas de inspección y el tiempo de inspectores, supervisores y otros funcionarios que realicen inspección del producto o de los procedimientos del proceso, caen dentro de los costos de inspección.

Posteriormente debe cuantificarse también los costos de todas las fallas sucedidas internamente en el proceso y externamente durante la instalación o durante el uso del cliente. Se debe entonces llevar un registro detallado, mes a mes para realizar comparaciones y análisis que pretendan la reducción de los costos totales de calidad.

La tabla 3 muestra un ejemplo del registro de los costos de calidad

Tabla 3. Costos de Calidad

COMPANIA XYZ									
Costos de calidad operantes									
Reporte mensual detallado									
Fecha <u>Julio 19</u> Año <u> </u> Mes <u>Junio</u>									
Cuenta	Título	002	003	005	008	010	015	Otros	Total
1.1	Administración de la Calidad		10 311			28 734			39 045
1.2	Estudios de Procesos								
1.3	Información de la Calidad				30 032				30 032
1.4	Entrenamiento								
1.5	Miscelánea								
1.0	Prevención		10 311		30 032	28 734			69 077
2.1	Inspección de recibos					4568			4568
2.2	Calibración y mantenimiento		2937						2937
2.3	Pruebas de producción	1017	52 256			16 717			69 990
2.4	Pruebas especiales y auditorías								
2.0	Evaluación	1017	55 193			21 285			77 495
3.1	Desperdicio							85 752*	85 752
3.2	Retrabajo— Producción	7410	4869						12 279
3.3	Retrabajo— Vendedor	246							246
3.4	Acción correctiva	3369	2630						5999
3.0	Fallas Internas	11 025	7499					85 752	104 276
4.1	Gastos de garantía	2706	12 108						14 814
4.2	Gastos después de la garantía								
4.3	Servicios al cliente						52 765		52 765
4.0	Fallas Externas	2706	12 108				52 765		67 579
	Total	14 748	85 111		30 032	50 019	52 765	85 752	318 427

Fuente: Control total de la calidad. Feigenbaum, A. México: CECSA. 2006

2.1.7 Sistema de puntos críticos

Otro de los elementos que permite establecer prioridades de control y por ende reducir las causas de la mala calidad, es el establecimiento del sistema de puntos críticos. Este sistema de elementos críticos puede contemplar tanto los puntos críticos del proceso, así como los del producto. La experiencia del personal, unida a la cuantificación de los defectos del proceso, las recomendaciones de proveedores de materia prima y equipo, así como consideraciones referentes al diseño del producto y los estudios de modo de falla, deben ser la base para escoger los puntos críticos de control.

Una vez seleccionados los puntos críticos, se tendrá que determinar las metodologías a emplear para realizar el control respectivo de modo que se garantice la calidad del producto.

2.1.8 Filosofía 6 sigma

La filosofía 6 sigma es sinónimo de un sistema de calidad de cero defectos. El planteamiento matemático indica que, con una cobertura de seis desviaciones estándar en cualquier proceso, se obtendría solamente 3,4 defectos por millón de unidades que equivale a un porcentaje de 99,99966% de producto bueno, prácticamente cero defectos. Las empresas que diseñaron esta filosofía, como, por ejemplo, Motorola, establecen entonces una serie de medidas y análisis estadístico que buscan dirigir los procesos hacia esa meta ideal, muy difícil de lograr, pero necesaria en tantos productos o servicios donde está en juego incluso la vida de los usuarios.

En todo caso la métrica también ofrece la posibilidad de medir el nivel sigma que se está logrando en relación a los resultados reales de defectuosos obtenido.

La tabla que se muestra a continuación muestra los valores de defectuoso obtenidos para los diferentes valores enteros de sigma, desde 1 hasta 6 sigma.

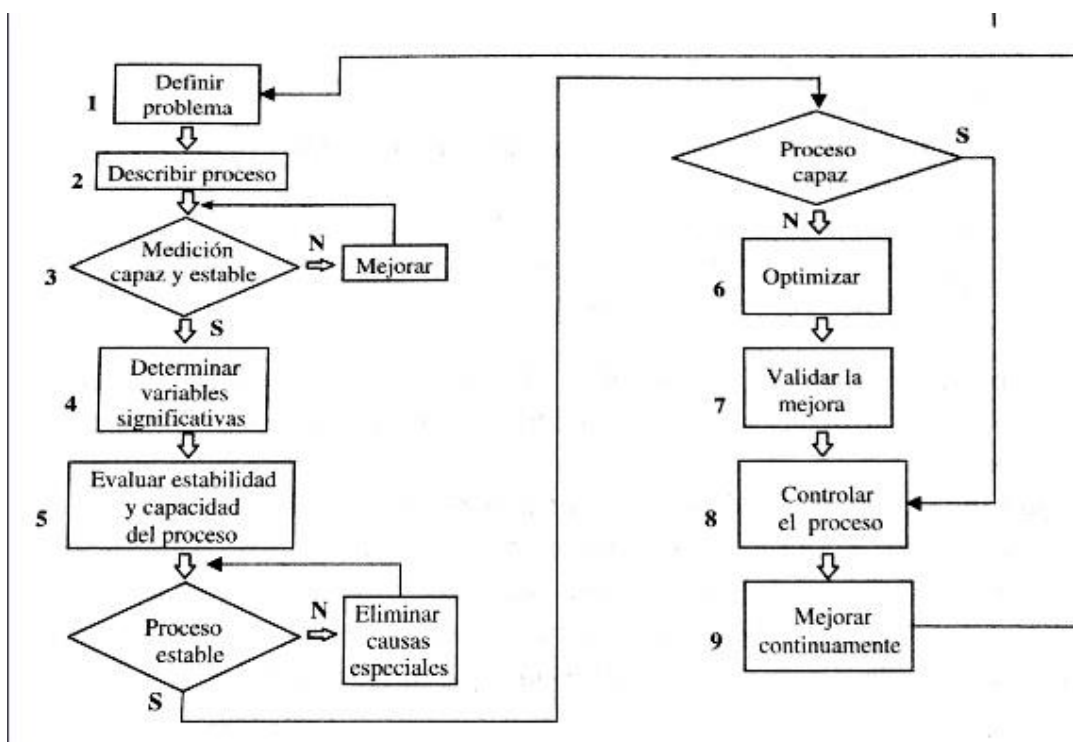
Tabla 4. Defectuoso para diferentes niveles de variación

Nivel Sigma	Defectos por millón	% bueno
6	3.4	99.99966
5	230	99.997
4	6,210	99.38
3	66,800	93.32
2	308,000	69.15
1	690,000	30.85

Fuente: Control de Calidad, Besterfield, D. (8va edición) Pearson. 2009

La figura 8, a continuación, presenta el flujo de desarrollo típico para la aplicación de la metodología 6 sigma.

Figura 8. Metodología para aplicación 6 sigma



Fuente: Análisis y mejoramiento de la calidad, Escalante, E. México: LIMUSA. 2006

2.1.9 Metodología KAIZEN

Pensar en el logro de las metas 6 sigma en un proceso con mucha variabilidad y poco estandarizado, resulta hasta cierto punto utópico y se puede generar frustración entre los colaboradores involucrados al no lograrse dicha meta. Es por ello que el camino hacia cero defectos puede ser segmentado en una serie de proyectos Kaizen que vayan encaminando la estandarización mientras se van logrando mejoras en forma continua.

La metodología Kaizen busca realizar cambios para mejorar (Kai: Cambio; Zen: bueno) que poco a poco vayan llevando los procesos a un nivel de productividad y calidad superior, mientras se va buscando los mejores métodos de trabajo y se estandarizan. Requiere una revisión continua de los métodos de trabajo, del estado de las máquinas, de

los conocimientos y las capacitaciones necesarias para los operarios. Impulsa también los liderazgos positivos que promuevan mejores actitudes y motivaciones, hasta inculcar en todo el personal orgullo por el trabajo realizado. La suma de proyectos Kaizen poco a poco irá acercando al 6 sigma.

2.1.10 Indicadores

La forma de garantizar que en un proceso Kaizen o 6 sigma hay mejora es a través de indicadores para mostrar la situación antes y después del cambio. En esta sección se refieren los principales indicadores que se utilizarán para esta medición.

- **Productividad.**

La productividad se define como la relación que existe entre la cantidad producida y los insumos utilizados en la producción. Para el caso de este proyecto se utilizará producción buena entre el insumo primario total, el cual incluye materiales directos y mano de obra directa. Entonces la productividad, definida como (P) relaciona la producción con los recursos empleados para obtener dicha producción, expresándose matemáticamente como: $P = \text{producción} / \text{recursos}$.

- **Defectuoso.**

El indicador de defectuoso será utilizado de varias formas. La primera es la cantidad de defectos por unidad de producto y la segunda el cálculo de un porcentaje de unidades de producto defectuosas que requirieron de reprocesos y el porcentaje de unidades de

producto defectuosas que se debió desechar. Y también estas fallas serán divididas en fallas internas y externas.

Al utilizar estas fórmulas se va a obtener un resultado que se puede ir analizando y comparando a través del tiempo para determinar si se está logrando el mejoramiento continuo deseado, es decir realizar en trabajo en el menor tiempo y al menor costo.

- **Costos de calidad**

Los costos de calidad y tal y como fueron explicados en la sección 2.1.7, son en sí mismos un indicador del éxito o fracaso obtenido en la gestión del período en estudio. En este caso también resulta fundamental el análisis de la tendencia del indicador a través del tiempo.

2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

La realización de este estudio requiere de una planeación detallada y cuidadosa de cada una de sus actividades. Para lograr esto, aparte de tener claro la duración de cada etapa, es necesario utilizar herramientas de planeación de proyectos que permitan la visualización y el control de todas las actividades. A continuación, se presentan las herramientas que se han de utilizar.

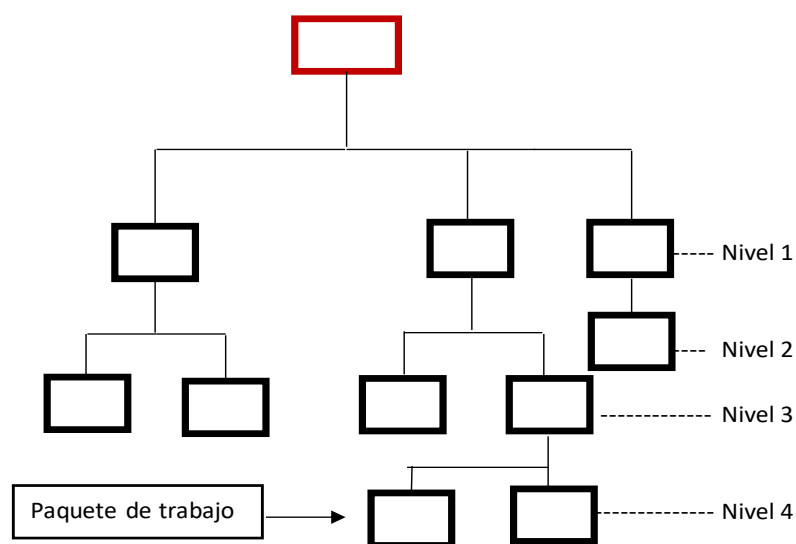
2.2.1 Estructura de descomposición del proyecto

La Estructura de descomposición del proyecto, conocida como WBS por sus siglas en inglés (Work Breakdown Structure) es una técnica que busca descomponer un proyecto en un grado de detalle tal que se conozca todas las actividades que lo constituye, a diferentes niveles de profundidad. Se construye entonces un flujo del proyecto, con las tareas anidadas en grupos o ramas en las que se va aumentando el detalle conforme se va bajando en los niveles del diagrama. a desarrollar en cada uno de los pasos que conforman el proceso.

Según el Project Management Institute (PMI) (2017), “la estructura de descomposición de tareas (EDT) “es el proceso que consiste en subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar” (Project Management Institute (PMI),p.104). La figura 9 pretende ilustrar la forma jerárquica que tiene el diagrama de árbol del proyecto, mientras que la figura 10 lo muestra más

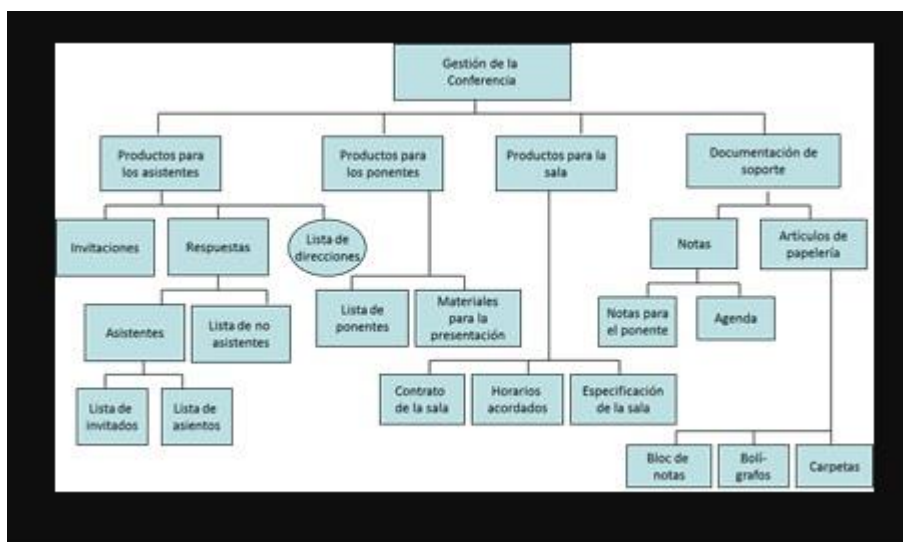
detalladamente con un proyecto sencillo. Esta técnica será la base para la planeación del proyecto en estudio.

Figura 9. Niveles Jerárquicos en la Estructura Descomposición del Trabajo



Fuente: Elaboración propia. 2020

Figura 10. Ejemplo de Estructura Descomposición del Trabajo



Fuente: PMBOK . Project Management Institute. 6ª. Ed. 2017

Al realizar una EDT se persigue los siguientes objetivos:

- Hacer un desglose de las grandes tareas que se van a realizar y descomponer cada una de estas tareas en actividades más simples, para obtener los procesos que se deberá llevar acabo. Esto ayudará a entender mejor las actividades y a planificar los tiempos que serán invertidos en cada una de ellas. Se puede también identificar los recursos necesarios y para asignar las responsabilidades a cada colaborador el proyecto.
- Verificar que todas las tareas necesarias fueron contempladas dentro del proyecto y de esta forma poner orden y no realizar un proceso más de una vez si esto no es necesario.
- Organizar la forma en que se va trabajar. Se puede establecer prioridades y verificar la secuencia y orden lógico de las actividades.

- Controlar el avance del trabajo según lo que está especificado en el plan maestro del proyecto, para conocer si se va a cumplir con los tiempos programados. Esto se logra trabajando paralelamente la planeación del proyecto con una técnica como el Diagrama de Gantt que se explicará en el siguiente apartado, ya sea realizándolo en forma manual o con ayuda de algún software diseñado para tal efecto.

2.2.2 Diagrama de Gantt

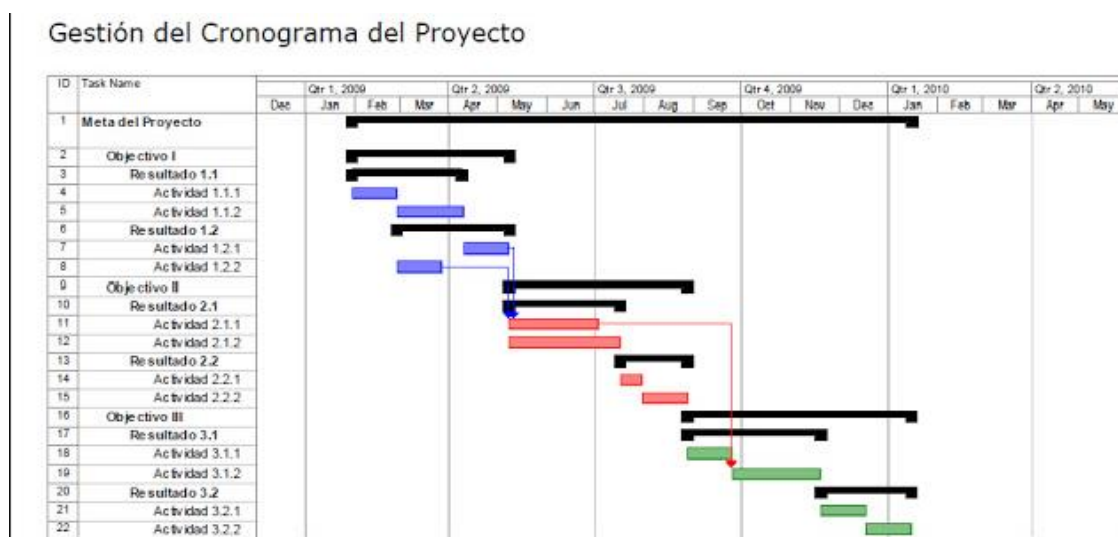
El diagrama de Gantt es una herramienta utilizada para planificar y programar tareas a lo largo de un plazo determinado, como sucede en la ejecución de proyectos. Con este diagrama se logra una fácil visualización de las acciones a realizar, permite darles seguimiento y controlar el progreso de cada una de las etapas de un proyecto. Las tareas se muestran gráficamente con barras sólidas que representan a escala su duración y secuencia. En general permite entonces calendarizar las actividades, previendo las fechas de inicio y finalización de cada una de ellas y del proyecto como un todo.

Las actividades quedan entonces vinculadas entre sí por su posición en el cronograma. Así, el inicio de una tarea que depende de la conclusión de una o varias actividades, estará graficada a la derecha inmediatamente después de sus predecesoras. También se reflejan aquellas actividades cuyo desarrollo transcurre de forma paralela. Se podrá entonces determinar las holguras que hay en la realización de ciertas actividades no críticas y definir las actividades críticas cuyo retraso implica el atraso de la terminación de todo el proyecto. Además, se puede definir desde la planeación los recursos que requiere cada actividad para su realización.

Según Heizer y Render (2010) “las gráficas de Gantt son un medio de bajo costo con el que los gerentes se aseguran de que (1) se planeen todas las actividades, (2) se tome en cuenta el orden de desempeño, (3) se registren las estimaciones de tiempo de cada actividad y (4) se desarrolle el tiempo global del proyecto” (p.61).

El diagrama de Gantt, lleva ese nombre por su creador, Henry Laurence Gantt quien lo desarrolló a principios del siglo XX. A continuación, en la figura 11 se ilustra la herramienta con un ejemplo.

Figura 11. Diagrama de Gantt



Fuente: PMBOK . Project Management Institute. 6ª. Ed. 2017

2.2.3 Metodología DMAIC

Los cinco pasos de la metodología DMAIC, definir, medir, analiza, mejorar y controlar; resultan la base de ejecución de un proyecto 6 sigma. Así las cosas, todas las actividades

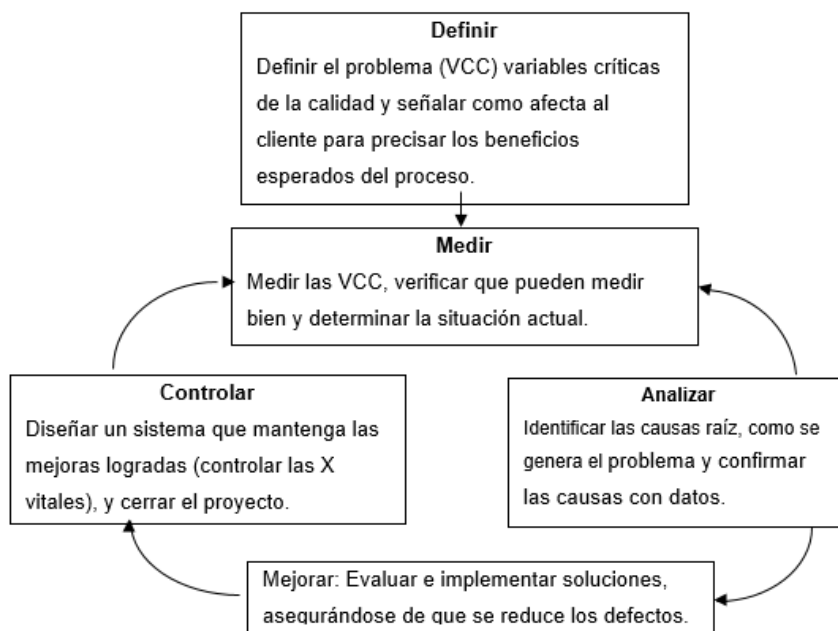
que se incluirán en el EDT y por consiguiente en el Diagrama de Gantt, habrán sido cuidadosamente definidas dentro del marco DMAIC.

Según Gutiérrez (2014), se puede utilizar el siguiente concepto para definir la filosofía seis sigma y su ejecución con DMAIC:

“Seis Sigma se apoya en una metodología robusta. Los datos por sí solos no resuelven los problemas del cliente y del negocio, por ello es necesaria una metodología. En 6σ los proyectos se desarrollan en forma rigurosa con la metodología de cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar, y controlar (DMAMC, en ingles DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control). Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos. El programa Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos sobre la metodología DMAMC y sus herramientas relacionadas. Generalmente, la capacitación se da sobre la base de un proyecto que se desarrolla de manera paralela al entrenamiento, lo que le da un soporte práctico.” (p.284).

La metodología se ilustra en la figura 12 que se presenta a continuación.

Figura 12. Metodología DMAIC



Fuente: Calidad Total y Productividad. Gutiérrez, H, McGraw-Hill/Interamericana. 2010

2.2.4 El ciclo planear, hacer, verificar y actuar (PHVA).

Como se mencionó en la sección 2.1.10 referente a la metodología de mejoramiento continuo Kaizen, paralelo a la filosofía 6 sigma, es posible además aplicar técnicas de mejoramiento continuo para áreas específicas de un proyecto donde se requiere también pasar por una etapa de estandarización de las actividades.

Por ello, para que se de esa mejora continua, según Gutiérrez (2014), “el objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz y asegurarse de que se corrija o reduzca el problema. Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en algunas de las

siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka-yoke, etc. La clave es pensar en soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto.” (p.293)

Surge entonces la aplicación del ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), para ejecutar actividades cíclicas de mejoramiento de la calidad y la productividad, ciclo que se repite una y otra vez para continuar mejorando. Este ciclo, también es conocido como el ciclo de Deming o ciclo de la calidad, y se aplica para proyectos piloto o de prueba para verificar resultados y según éstos analizar y actuar para llevar la mejora testada al campo real de producción.

Según Gutiérrez (2014), “Actualmente hay muchas metodologías de desarrollo de un proyecto que de alguna forma incorporan la filosofía PHVA, y esto se puede ver tanto en los pasos recomendados para ejecutar un proyecto de proceso esbelto, como en la metodología de desarrollo de proyecto seis sigma.” (p. 121).

En la tabla 5 se muestran los pasos necesarios para análisis y solución de problemas según la metodología PHVA.

Tabla 5. Pasos para la solución de un problema con PHVA

Etapas del ciclo	Paso	Descripción	Posibles técnicas a usar
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, hojas de verificación, histograma, gráfico de control
	2	Buscar todas las posibles causas	Observar el problema, lluvias de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cual es la causa más importante	Pareto, estratificación, diagrama de dispersión, diagrama de Ishikawa
	4	Considerar las medidas remedio	Por qué... necesidad Qué... objetivo Dónde... lugar Cuánto... tiempo y costo Cómo... plan
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, Pareto, gráfico de control, hoja de verificación
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, hojas de verificación, cartas de control
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

Fuente: Calidad Total y Productividad. Gutiérrez, H, McGraw-Hill/Interamericana. 2010

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

En esta sección se presenta los conceptos teóricos que sustentan y comprueban los resultados esperados de las propuestas a implementar. En primera instancia los resultados se justifican a través de los indicadores de productividad y calidad, pero también se deberá mostrar el efecto o impacto económico que se espera obtener gracias a los cambios realizados. Cada uno de estos elementos se presentan a continuación.

2.3.1 Aseguramiento de la Calidad.

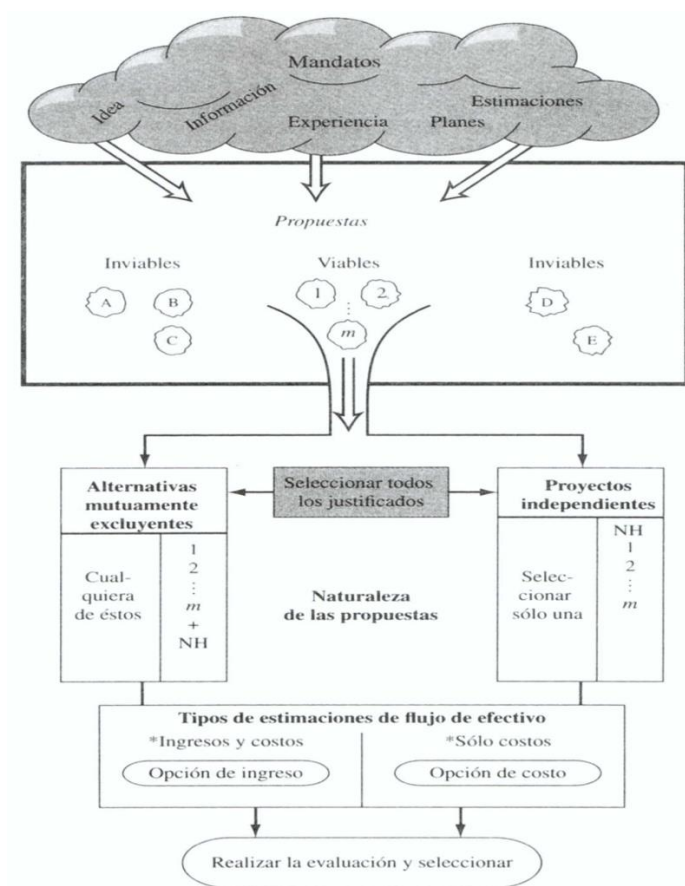
El aseguramiento de la calidad de los productos fabricados es el objetivo a lograr con el proyecto. La mejora que se tenga en este campo se podrá demostrar con los mismos indicadores de productividad y calidad mencionados en la sección 2.1.11 de este capítulo, por lo que no es necesario referirse a ellos nuevamente.

2.3.2 Herramientas para la evaluación económica del proyecto

La evaluación económica es una herramienta que puede facilitar la toma de decisiones con respecto a elegir una alternativa sobre otra, al utilizar una serie de fórmulas matemáticas que simplifican las comparaciones. Para ello obviamente debe estimarse los gastos, las inversiones y los ahorros o ganancias esperadas de cada alternativa en estudio. No necesariamente se escoge siempre la mejor alternativa económica, pues puede haber factores intangibles a considerar, pero el análisis económico nos llevará a la alternativa económicamente más rentable.

En la figura 13 se muestran todos los pasos necesarios para realizar el análisis económico.

Figura 13. Ruta desde las propuestas hasta la evaluación económica



Fuente: Ingeniería Económica. Blank, L. y Tarquin, A. McGraw Hill. 2016

Para comparar las alternativas de un proyecto es necesario definir si estas son independientes o si son mutuamente excluyentes, pues indican Blank y Tarquin (2016) que:

“Alternativas mutuamente excluyentes: sólo puede seleccionarse un proyecto, con fines de terminología a cada proyecto viable se le llama alternativa.

Proyectos independientes: puede seleccionarse más de un proyecto. Cada propuesta viable se denomina proyecto.

Las alternativas mutuamente excluyentes compiten entre sí y se analizan en pares. Los proyectos independientes se evalúan una a la vez” (p.130).

Adicional a la naturaleza de las propuestas es necesario conocer la naturaleza de las estimaciones del flujo de efectivo, pues de acuerdo a Blank y Tarkquin (2016) “deben ser de un mismo tipo” esto con el fin de evaluarse bajo los mismos parámetros comparativos” (p.131).

Se procede ahora a detallar los principales aspectos de las herramientas de análisis económico a utilizar.

- **2.3.2.1. Análisis Beneficio Costo**

Una vez establecida la naturaleza de las alternativas y del flujo de efectivo es necesario seleccionar los parámetros a utilizar para evaluar las alternativas.

El análisis beneficio costo compara estos dos rubros. Entre mayor sea el valor de la relación matemática, más atractiva resulta la alternativa. Solo debe tenerse cuidado de que todos los cálculos de costo y beneficio se hayan hecho en un valor monetario equivalente o común, o sea con el mismo valor, pues según Blank y Tarquin (2016), “antes

de calcular una relación beneficio/costo, todos los beneficios, desbeneficios y costos que se utilizarán en el cálculo deben convertirse a una unidad monetaria común” (p. 205)

La razón beneficio/costo se calcula de la siguiente manera, según se muestra en la figura 14

Figura 14. Fórmula convencional de Beneficio/Costo

$$B/C = \frac{\text{VP de los beneficios} - \text{VP de los desbeneficios}}{\text{VP de los costos}}$$

Fuente: Ingeniería Económica. Blank, L. y Tarquin, A. McGraw Hill. 2016

En donde:

Costos: estimación de gastos para la ejecución de la alternativa.

Beneficio: ventajas que experimenta el propietario.

Desbeneficios: desventajas que experimenta el propietario

Para realizar el análisis Beneficio/Costo se debe seguir los siguientes pasos:

1. Llevar a cabo una lluvia de ideas o reunir datos provenientes de factores importantes relacionados con cada una de sus decisiones.
2. Elaborar dos listas, la primera con los requerimientos para implantar el proyecto y la segunda con los beneficios que traerá el nuevo sistema.
3. Determinar los costos relacionados con cada factor. Algunos costos como la mano de obra, serán exactos mientras que otros deberán ser estimados.

4. Sumar los costos totales para cada decisión propuesta.
5. Determinar los beneficios y desbeneficios en la misma unidad económica para cada decisión tomada.
6. Poner las cifras de los costos, beneficios y desbeneficios totales en la forma de la relación matemática indicada, donde los beneficios y desbeneficios son el numerador y los costos son el denominador, según la fórmula de la figura 15 mostrada anteriormente.
7. Comparar las relaciones Beneficios a costos para las diferentes decisiones propuestas. La mejor solución, en términos financieros, es aquella con la relación más alta. Debe aclararse que se espera que los beneficios sean mayores a los costos y por ende la relación matemática sea mayor que uno.

- **2.3.2.2. Análisis del período de recuperación**

A partir de la fórmula del beneficio costo de la sección anterior, se define también la fórmula inversa en donde el costo equivale a un monto invertido que se quiere determinar la cantidad de períodos en que se puede recuperar la inversión según los beneficios esperados. La fórmula sería entonces:

Figura 15. Fórmula convencional de Período de Recuperación

$$\text{Período de recuperación} = \frac{\text{VP de la Inversión}}{\text{VP de los beneficios} - \text{VP de los desbeneficio}}$$

Fuente: Ingeniería Económica. Blank, L. y Tarquin, A. McGraw Hill. 2016

- **2.3.2.3. Análisis del Valor Actual Neto (VAN)**

Este es uno de los métodos más aceptados y utilizados para realizar comparación de alternativas. Según Blank y Tarquin (2016), se entiende como Valor Actual Neto de una inversión como “la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial” (p. 276)

Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. Entonces, para hallar el VAN se debe primero establecer el valor i de la tasa de interés a utilizar. Para ello existen diferentes alternativas, siendo las más comunes las siguientes:

- Tasa de descuento ajustada al riesgo = interés que se puede obtener del dinero en inversiones sin riesgo (deuda pública) + prima de riesgo).
- Coste medio ponderado del capital empleado en el proyecto.
- Coste de la deuda, si el proyecto se financia en su totalidad mediante un préstamo.
- Coste medio ponderado del capital empleado por la empresa.
- Coste de oportunidad del dinero, entendiendo como tal el mejor uso alternativo existente.

La principal ventaja del método VAN que al homogeneizar los flujos netos de Caja a un mismo momento de tiempo ($t=0$), todo se reduce a una misma unidad de medida. Además,

es posible introducir en los cálculos flujos de signo positivos y negativos (entradas y salidas) en los diferentes momentos del horizonte temporal de la inversión, sin que por ello se distorsione el significado del resultado final.

Dado que el valor de VAN obtenido depende directamente de la tasa de actualización, justamente es esta tasa el punto débil de este método. Sin embargo, a efectos de “homogeneización”, la tasa de interés elegida hará su función indistintamente de cual haya sido el criterio para fijarla.

Para efectos de este proyecto, un valor específico del VAN será utilizado en este proyecto para el cálculo de la tasa interna de retorno.

- **2.3.2.4. Análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR)**

De acuerdo con Blank y Tarquin (2016) Se denomina Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) a “la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (VAN) de una inversión sea igual a cero. ($VAN = 0$). Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor” (p. 282).

La principal dificultad de este método es que su cálculo requiere realizar una serie de interacciones a prueba y error hasta encontrar la tasa que lleva los flujos al valor actual neto de cero. Sin embargo, las hojas de cálculo y las calculadoras financieras modernas resuelven este obstáculo fácilmente. También puede calcularse de forma relativamente sencilla por el método de interpolación lineal.

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

El único antecedente que se tiene de proyectos similares es una investigación realizada por la Máster Carolina Granados Meléndez, quien realizó un estudio en la empresa MV Valverde, S.A., para la elaboración de una propuesta de un sistema de Gestión de Calidad para la empresa, como tesis de grado para sus estudios de Maestría en Gerencia de Calidad en el Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP).

Dicho estudio fue realizado durante el año 2018 y se presentó en este Instituto en mayo del año 2019. Sin embargo, el análisis que presenta este estudio no tenía un sustento de datos objetivos sobre la calidad, pues la empresa no contaba con registros adecuados al respecto, por lo que la problemática enunciada en aquel momento fueron la falta de documentación y la estandarización de los procesos, y por ello las propuestas que se brindaron fueron la creación de herramientas de medición para comenzar a controlar la calidad.

El estudio de la Máster Granados (2018) planteó el siguiente objetivo general:

“Crear un Sistema de Gestión de calidad en la empresa MV, para definir los procesos adecuados en la elaboración de muebles de madera, los cuales se van a aplicar en todas las áreas de producción del taller”.

Además, definió cuatro objetivos específicos:

- “Mapear los procesos y procedimientos que actualmente se ejecutan, e identificar áreas de oportunidad.
- Enlistar los cuellos de botella y la frecuencia en que estos eventos se presentan.
- Delimitar las áreas de oportunidad que generan más riesgo dentro de los 5 departamentos del taller.
- Determinar las mejoras necesarias y los planes de acción que puedan minimizar estos riesgos”.

En primera instancia es importante aclarar que dicho estudio solo quedó a nivel de propuesta. Nada ha sido implementado, excepto que desde hace un año la empresa comenzó a registrar los problemas de calidad, para que sirvieran de base para un nuevo estudio.

Por otra parte, el presente estudio planteó los siguientes objetivos:

- **Objetivo general**

Elaborar una propuesta que sirva de base para mejorar el Sistema de Gestión de la calidad y el control de procesos en la empresa MV Valverde S.A, mediante el establecimiento de una serie de estándares y controles que van desde la concepción del diseño del producto y durante todo el proceso de producción e instalación del mismo, con el fin de mejorar los indicadores de defectuoso y de reprocesos que se formularán.

- **Objetivos específicos**

1. Determinar las causas que provocan los errores de calidad en cada una de las etapas del proceso productivo.
2. Cuantificar el peso relativo de los diferentes tipos de defectos de calidad que se han detectado en el proceso, utilizando para ello los registros de proyectos elaborados durante el último año de trabajo.
3. Establecer el sistema de elementos críticos del proceso que deben ser controlados periódicamente para el aseguramiento de la calidad del producto.
4. Crear los estándares necesarios para lograr un trabajo repetitivo y una calidad constante de los productos
5. Establecer los registros necesarios para mantener una medición continua de la calidad de los diferentes procesos.

Si bien hay cierta coincidencia en el objetivo general, en realidad la visión del proyecto es diferente. El primero se queda en generar una propuesta general de lo que debería incluir el sistema de gestión de calidad, pero al no contarse con datos queda en una visión filosófica que solo procura empezar a buscar datos para futuras posibles mejoras.

De hecho, los objetivos específicos de ambos proyectos si son muy diferentes, pues el primer estudio se centra en mapeo de procesos, búsqueda de cuellos de botella y plantea la búsqueda de oportunidades de mejora, aunque no se concretan objetivamente por la falta de datos. El alcance de los objetivos específicos del actual proyecto es más concreto y justamente se centra en eliminar los problemas de calidad detectados.

Hasta la fecha no se ha utilizado ninguno de los datos, ni textos, ni referencias utilizadas en el primer proyecto, pues el proyecto actual parte de datos nuevos y más específicos.

En todo caso, si se decidiera posteriormente utilizar algún dato de la misma, se efectuarían las referencias bibliográficas respectivas; aunque solo se va a trabajar con datos nuevos, recopilados luego de la finalización del primer proyecto.

Durante la investigación de antecedentes, no se ha encontrado ningún otro proyecto que pueda relacionarse o parecerse en tema y contenido al presente estudio.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La metodología para la definición del problema inicia a partir de las observaciones expresadas por la Gerencia General con respecto a su percepción de los problemas de calidad. Con base en dichas aseveraciones se procedió a buscar y validar datos históricos que confirmaran la problemática y se involucró además a los principales colaboradores de la empresa para que emitieran sus observaciones y participaran también en procesos de grupos focales que orientaran en la definición del problema y así orientaran el proceso de investigación.

Los registros validados incluyen el defecto o error encontrado, si el mismo se detectó durante el proceso, luego de terminado el producto o bien durante la instalación durante el cliente, y los tiempos y materiales que se utilizaron para la corrección.

La observancia periódica de este listado de defectos, fue el elemento que motivó a la Gerencia a preocuparse por buscar alguna solución para estos problemas; donde se detectaba, además, con alguna frecuencia defectos de cierto modo repetitivos.

El problema se comenzó a deducir con base en las estadísticas existentes de los problemas de calidad, los cuales se muestran en el listado del Anexo 2, y se resumen agrupadamente por proyecto en la figura 18 del capítulo IV.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL PROYECTO

La metodología escogida para la cuantificación y medición de resultados del proyecto necesariamente debe centrarse en aspectos de calidad, lo cual representa la línea base de esta investigación y es lo que se necesita mejorar. Es por ello que los indicadores que se escogieron fueron varios parámetros de calidad, específicamente indicadores del porcentaje de defectuoso y un indicador de la cantidad de reprocesos.

El indicador de defectuoso se utilizó en primera instancia como la cantidad de defectos por unidad de producto, y posteriormente se calculó el porcentaje de unidades de producto defectuosas que requirieron de reprocesos y el porcentaje de unidades de producto defectuosas que se debió desechar. Y además también todas estas fallas separadas en fallas internas y externas.

Todos estos indicadores implican como meta el llegar al valor de cero, tal y como se propone dentro de la filosofía de seis sigma.

Los datos que sustentan el proyecto son todos los registros existentes de los proyectos realizados por la empresa durante el año 2019. Para ello se construyó el siguiente formato para resumir los resultados obtenidos en dichos proyectos.

Tabla 6. Formato para registro de defectos por proyecto

Proyecto	Cantidad de unidades	Cantidad de defectos	% defectuoso	% de reprocesos
Roche				
Wolf				
Kader				
Coopeservido-res				
DHL				
Uber				
Carlos Rodríguez				
Bill Gosling				
Oracle				
QBO				
Casa privada				
Accenture				
Varios				
Total				
Promedio				
Defectos por millón				

Fuente: Elaboración propia, 2020

Además, se complementó también con un tercer elemento de medición, cuáles son los costos de calidad. Para dichos costos se determinó como meta la reducción de los mismos con respecto a la valoración que se obtuvo de ellos al principio del proyecto. En este caso también resulta fundamental el análisis de la tendencia del indicador a través del tiempo.

Debe recalcar que no se requirió utilizar técnicas de muestreo para las mediciones dado que la cantidad de datos que conforman la población total de producción es

relativamente pequeña, pues en promedio cada proyecto realizado (trece proyectos en el transcurso del año), consta de una cantidad de unidades que no sobrepasa (con algunas excepciones) las 20 unidades, por lo que se optó por realizar un censo, considerando la totalidad de dicha producción.

3.3 METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA DEL PROYECTO

Como se mencionó en el marco teórico, la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), fue la seleccionada para llegar a determinar las propuestas de mejora necesaria para los problemas detectados

La metodología completa que se siguió en el proyecto, se ilustró en la figura 12 del capítulo II, correspondiendo en esta sección la etapa de “analizar” de dicho ciclo.

Con la metodología DMAIC, bajo la filosofía seis sigma, se pretende lograr una meta de cero defectos. Sin embargo, dado los altos niveles de defectuoso que se encontraron en los procesos, pensar en el logro de la meta cero defectos de la filosofía 6 sigma resulta poco realista; sobre todo en un proceso con mucha variabilidad y poco estandarizado.

Por todo lo anterior, fue que se decidió que dicha meta se dividió en una serie de proyectos Kaizen que vayan guiando hacia la estandarización, mientras se van logrando mejoras en forma continua, haciendo cambios en los procesos y en la cultura que poco a

poco vayan llevando los procesos a un nivel de productividad y calidad superior. La suma de proyectos Kaizen poco a poco irá acercando al 6 sigma.

Se decidió entonces también la aplicación del ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), para ejecutar actividades cíclicas de mejoramiento de la calidad y la productividad, ciclo que se repitió varias veces durante el desarrollo del proyecto para mejorar continuamente.

En la tabla 7 se muestran los pasos y herramientas que se utilizaron durante la aplicación de las distintas etapas del ciclo PHVA.

Tabla 7. Técnicas utilizadas durante la solución del problema con PHVA

Etapas del ciclo	Paso	Descripción	Técnicas utilizadas
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Diagramas de proceso, histograma, estadísticas
	2	Buscar todas las posibles causas	Lluvias de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cual es la causa más importante	Paretos detallados, diagrama de Ishikawa, técnica de 5 por qué
	4	Consideración de las propuestas de mejora	Por qué... necesidad Qué... objetivo Dónde... lugar Cuánto... tiempo y costo Cómo... plan
Hacer	5	Poner en práctica las propuestas	Se siguió el plan elaborado en el paso anterior (a ser ejecutado por los responsables)
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Se usó Histograma, costos de calidad, hojas de verificación y análisis beneficio/costo
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Se estandarizó inspección, supervisión, hojas de verificación
	8	Conclusión	Se revisó y documentó procedimientos

Fuente: Elaboración propia, 2020

Con los métodos enunciados anteriormente, se siguió la metodología planteada hasta llegar al desarrollo de la propuesta de mejora para el proyecto, la cual se basó en la determinación clara de las causas raíz de los problemas de calidad; pues si se logra realmente determinar dichas causas raíz, su eliminación o prevención traerían como consecuencia la eliminación permanente del problema.

Es debido a lo anterior que el análisis profundo de las causas de los errores de calidad fue la base para buscar las causas raíz y presentar las soluciones propuestas. Por ello en análisis inició con la constitución de un grupo de expertos de la empresa, conocedores de la situación, quienes se constituyeron en un equipo de trabajo, para desarrollar un grupo focal que, con base en el análisis de los diagramas de flujo de los procesos estableciera en un diagrama causa/efecto, todas las posibles causas que generan problemas de calidad en dichos procesos.

El grupo focal estuvo constituido por seis personas, que representaban la Gerencia, la programación, dos supervisores de producción, otro del área de instalación y finalmente la funcionaria de diseño. El diagrama causa/efecto resultante sirvió de base para clasificar los defectos o errores de calidad para desarrollar en primera instancia un Diagrama de Pareto general de todo el proceso y posteriormente Diagramas de Pareto específicos para las cuatro grandes causas identificadas en el primer Pareto.

A partir de los Paretos específicos se volvió a contar con la ayuda del equipo experto, funcionando éstos como grupo focal para utilizar la técnica de los cinco porqués para buscar las causas raíz del problema. Una vez que se definió las causas raíz, se procedió a establecer las propuestas necesarias para su erradicación.

La definición de propuestas por parte del autor del proyecto utilizó algunas de las herramientas de la manufactura esbelta para dichas soluciones. Principalmente se utilizó la técnica Poka-Yoke para tener una producción a prueba de errores, herramientas de automatización para disminuir el error humano y las técnicas Kaizen para buscar una mejora continua que paulatinamente vaya llevando a la empresa a la meta cero defectos de la filosofía seis sigma.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

La realización del proyecto, implicó una planificación cuidadosa de cada uno de los pasos, de modo que se pueda cumplir con las metas establecidas en cuanto a recursos y tiempos de ejecución.

Para dicha planificación se utilizó en primera instancia la técnica de la Estructura de descomposición del Proyecto (EDT), la cual permite tener una visualización detallada de todas las actividades necesarias para la buena ejecución del proyecto. Posteriormente estas actividades se incluyeron dentro de un diagrama de Gantt para establecer los tiempos que se debió respetar para lograr terminar el mismo dentro de los plazos establecidos.

La ejecución propiamente de la implementación del proyecto estuvo a cargo de la contraparte nombrada por la empresa, quien es la encargada de planeación de la producción y quien trabajó en forma conjunta con el autor de este estudio. Las iniciativas propuestas fueron siendo puestas en práctica conforme iban siendo aprobadas por la Gerencia.

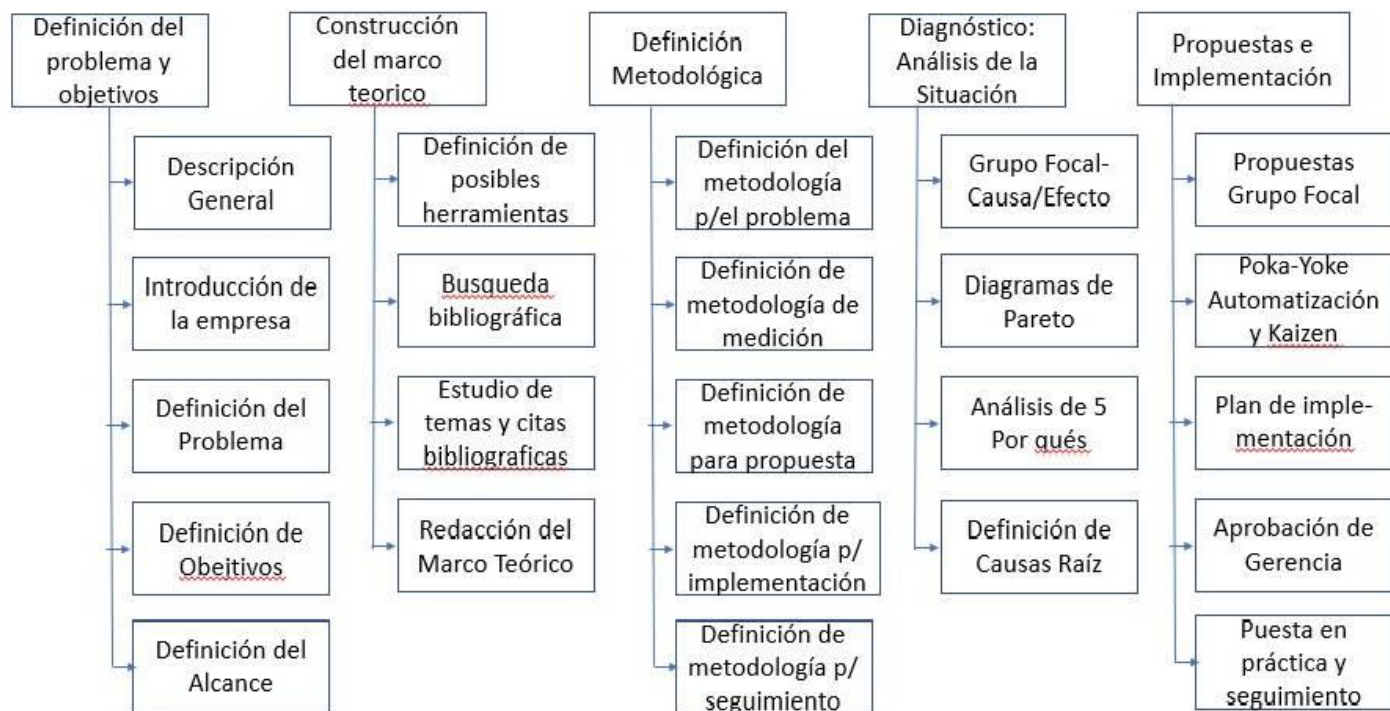
El detalle del EDT y del Gantt se presentan en las siguientes secciones.

3.4.1. Estructura de descomposición del proyecto

La Estructura de descomposición del proyecto, o WBS por sus siglas en inglés (Work Breakdown Structure) es la técnica que recomienda el Instituto de Administración de Proyectos (PMI), para asegurarse que se han definido en grado de detalle suficiente todas

las actividades necesarias para un proyecto. Las mismas se presentan gráficamente en un formato de árbol, como se detalla a continuación en la figura 16.

Figura 16. Estructura de descomposición del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2020

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS

La herramienta seleccionada para dar un seguimiento adecuado al cumplimiento del proyecto y para la implementación de las propuestas fue el diagrama de Gantt. Debe mencionarse también en este apartado la escogencia que se hizo de algunas técnicas de evaluación económica para asegurar el éxito del proyecto. Los siguientes apartados detallan estas dos herramientas.

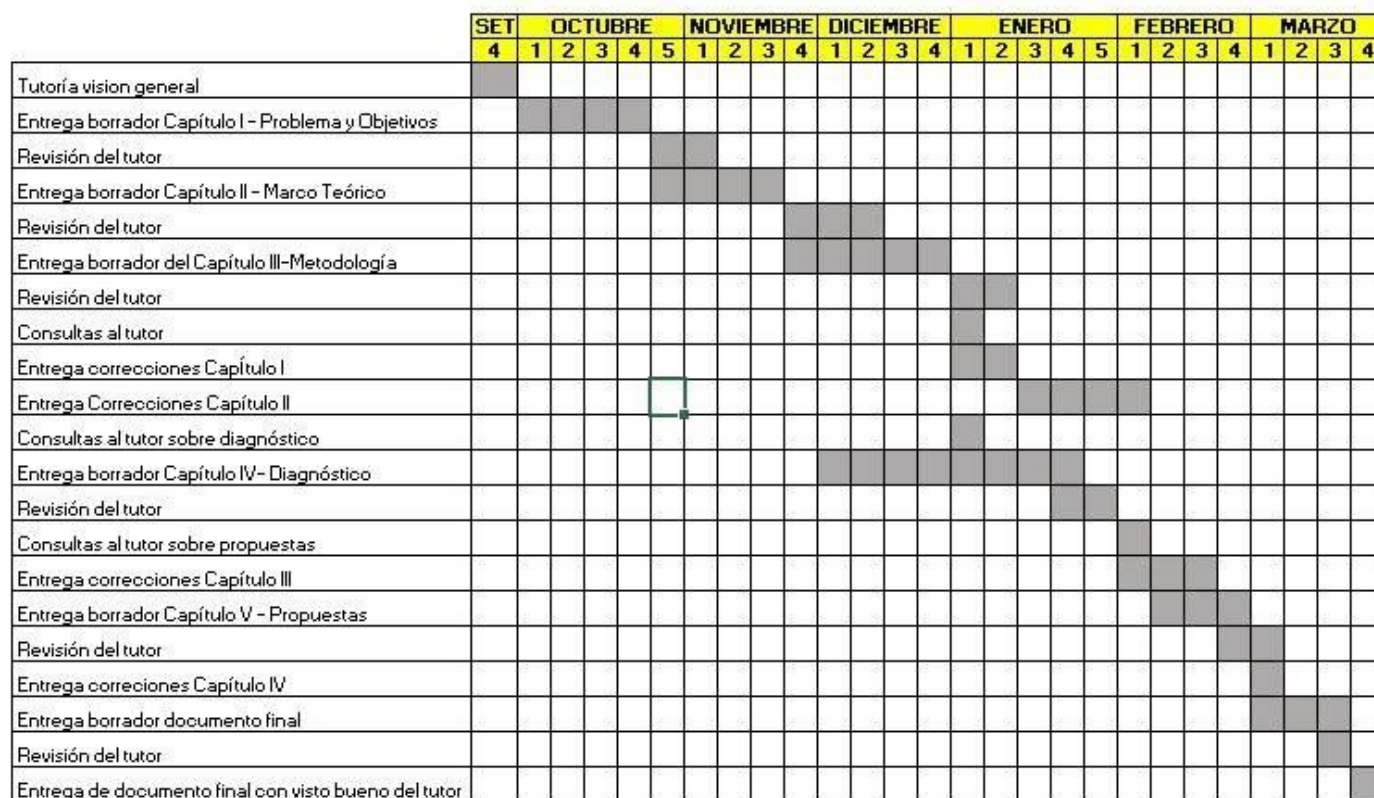
3.5.1 Diagrama de Gantt

Se utilizó el diagrama de Gantt según lo explicado en la sección 2.2.2 del capítulo 2.

En general, el diagrama permite entonces calendarizar las actividades, previendo las fechas de inicio y finalización de cada una de ellas y del proyecto como un todo. En este caso la programación realizada incluyó desde la última semana de setiembre del presente año, hasta la última semana de marzo del año 2020.

El diagrama que se muestra en la figura 17 de la página siguiente detalla las grandes actividades del proyecto y sus fechas de cumplimiento.

Figura 17. Diagrama de Gantt del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2020

3.5.2 Herramientas para la evaluación económica del proyecto

A continuación, se presentan las herramientas de evaluación económicas que se usaron para la evaluación económica.

Debe aclararse, sin embargo, que no necesariamente se escoge siempre la mejor alternativa económica, pues en ciertos casos, se realizaron varias propuestas de automatización que buscan eliminar el error humano, pese a que la inversión realizada pueda ser alta para ser pagada en pocos períodos. Esto se decidió así en conjunto con la Gerencia de la empresa, pues se prefería resolver en forma automática algunas etapas del proceso productivo.

A continuación, se detallan las herramientas utilizadas para el análisis económico.

- **3.5.2.1 Análisis Beneficio Costo**

El análisis beneficio costo se utilizó para verificar que los beneficios netos superan el costo de las erogaciones realizadas. Entre mayor sea el valor de la relación matemática (ver figura 14 del capítulo II), más atractiva resulta la alternativa. Este análisis se realizó para las alternativas escogidas dentro de la propuesta, con la meta de que el resultado matemático fuera mayor a 1, lo que garantiza beneficios mayores a los costos.

Para realizar el análisis Beneficio/Costo se llevó a cabo los siguientes pasos:

1. Lluvia de ideas y búsqueda de datos relacionados con cada una de las propuestas.
2. Se elaboró listas con los requerimientos para implantar la propuesta y con los beneficios que traerá el nuevo sistema.
3. Se determinó y totalizó los costos relacionados con cada factor.
4. Se determinó los beneficios y desbeneficios en la misma unidad económica para cada decisión tomada.
5. Se utilizó la relación matemática indicada en la figura 20, donde los beneficios y desbeneficios son el numerador y los costos son el denominador.
6. Se analizó los resultados y se seleccionó las mejores propuestas, esperando siempre que los beneficios sean mayores a los costos y por ende la relación matemática sea mayor que uno.

- **3.5.2.2 Análisis del período de recuperación**

Luego del análisis beneficio/costo, se utilizó también la formulación de período de recuperación, enunciada en la figura 15 del capítulo II, para determinar la cantidad de períodos en que se va a recuperar la inversión realizada, según los beneficios y desbeneficios esperados.

- **3.5.2.3 Análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR)**

En este caso se utilizó hojas de cálculo para determinar el valor de dicha tasa interna de retorno y se le comparó con una tasa mínima definida por la Gerencia como el punto de quiebre a partir del cual se acepta o se rechaza la propuesta; aunque como se mencionó anteriormente, en algunos casos de automatización la decisión de implementar se aprobó pese a que la tasa interna de retorno dio inferior a la tasa mínima atractiva de retorno.

CAPÍTULO IV. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

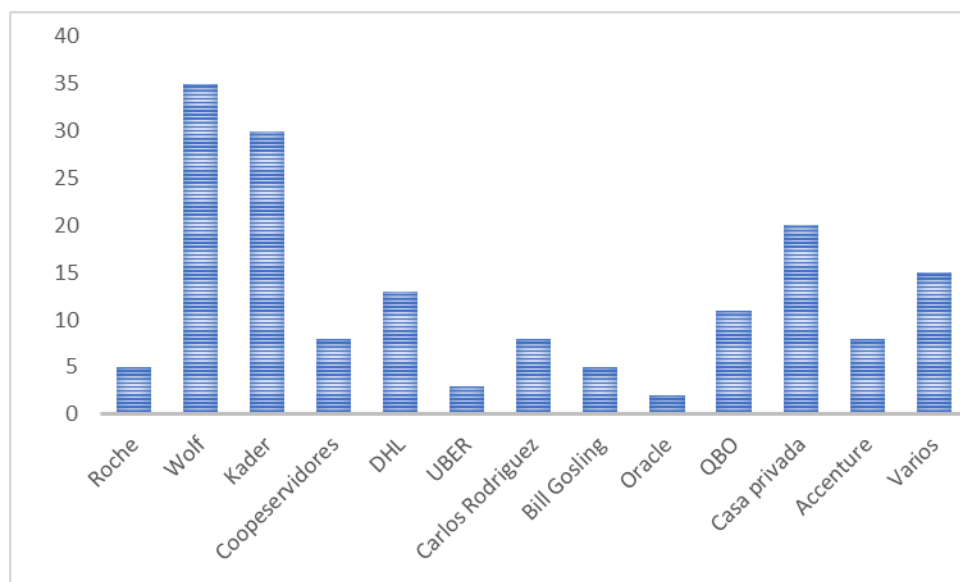
A finales del año 2018, la Gerencia General solicitó a la encargada de la programación de la producción, que se iniciara un registro detallado de los problemas de calidad que se presentan durante el proceso de producción e instalación del producto. A través de los años la empresa ha logrado posicionarse en el mercado como fabricante de muebles de alta calidad, por lo que dichos registros resultan muy importantes.

Estos registros incluyen el defecto o error encontrado, si el mismo se detectó durante el proceso, o luego de terminado el producto o bien durante la instalación durante el cliente, e incluye también los tiempos y materiales que se utilizaron para la corrección del problema; pues en este caso, prácticamente todos los problemas que se detectan en el producto, tanto antes como después de ser instalados, pueden ser subsanados mediante los procesos de reparación, corrección o sustitución que sean necesarios. Estos datos corresponden entonces a la fase 2 (medir) del proceso DMAIC en que se basa este estudio.

El detalle de todos los problemas de calidad que se han detectado desde entonces se presenta en las estadísticas mostradas en el Anexo 3, las cuales se presentan separadas para cada uno de los proyectos realizados durante el año 2019. Con este mapeo de errores se cumple uno de los objetivos específicos del proyecto, y el mismo será la base fundamental que se utilizará para la búsqueda de las causas raíz.

A modo de resumen de los mismos, en la figura 18, en la página siguiente, se muestra la cantidad de errores o problemas de calidad que se detectaron en cada proyecto realizado.

Figura 18. Cantidad de defectos por proyecto



Fuente: Asistente de Programación, Muebles Valverde, S.A. 2020

Como se puede observar ninguno de los proyectos realizados durante el año 2019 ha logrado estar libre de errores. Con dichos proyectos se determinó un promedio de 13 errores por proyecto. Esta base estadística fue la seleccionada como el fundamento principal para demostrar el problema existente, y a partir de ahí comenzar a buscar las causas raíz que originan el mismo.

4.1.1. Indicadores de defectuoso

Los indicadores que se escogieron para la cuantificación y medición de resultados del proyecto necesariamente deben enfocarse a la calidad, aspecto que representa la línea base de esta investigación y es lo que se busca mejorar. Es por ello que los indicadores que se escogieron fueron; cantidad de defectos por proyecto, porcentaje de defectuoso y porcentaje de reproceso y finalmente, un indicador general de cantidad de defectos por millón de unidades, para determinar en qué nivel de calidad sigma se encuentra la fábrica.

El indicador de defectuoso que se utilizó en primera instancia es la cantidad de defectos por proyecto y se le transforma a un porcentaje de defectuoso y de reproceso, que en este caso son el mismo valor, ya que prácticamente la totalidad de unidades defectuosos pudo repararse para ser entregada al cliente en la calidad prometida. Además, más adelante también se desglosa todas estas fallas en forma separada, como fallas internas y fallas externas, siendo las primeras las que se detectaron internamente en la empresa, antes de la instalación del producto; y las fallas externas las identificadas cuando ya se iba a proceder a la instalación del producto donde el cliente.

Los datos que se utilizaron para construir los indicadores de la situación actual son la totalidad de registros existentes de los proyectos realizados por la empresa durante el año 2019. La tabla 8, que se muestra a continuación, resume los valores obtenidos para los indicadores de diagnóstico.

Tabla 8. Indicadores de calidad por proyecto

Proyecto	Cantidad de unidades	Cantidad de defectos	% defectuoso	% de reprocesos
Roche	14	5	35.71%	35.71%
Wolf	53	35	66.04%	66.04%
Kader	42	30	71.43%	71.43%
Coopeservidores	32	8	25.00%	25.00%
DHL	24	13	54.17%	54.17%
Uber	12	3	25.00%	25.00%
Carlos Rodriguez	15	8	53.33%	53.33%
Bill Gosling	9	5	55.56%	55.56%
Oracle	5	2	40.00%	40.00%
QBO	70	11	15.71%	15.71%
Cisneros	241	20	8.30%	8.30%
Accenture	30	8	26.67%	26.67%
Varios	34	15	44.12%	44.12%
Total	581	163	28.06%	28.06%
Promedio	45	13	28.06%	28.06%
Defectos por millón	280,551	Nivel actual	2 sigma	(aproximado)

Fuente: Elaboración propia, 2020

De la tabla anterior se concluye que, en promedio, se tiene un total de 13 defectos por proyecto, con un 28,06% de defectuoso y reproceso. Al menos, afortunadamente, no se tuvo unidades desechadas, ya que la totalidad de las piezas defectuosas lograron ser reparadas mediante reprocesos. Estos valores obtenidos, dentro de las escalas de variabilidad sigma de la calidad total, corresponde a un nivel de calidad de 2 sigma, según

se puede constatar al comparar los resultados obtenidos con los niveles mostrados en el anexo 7.

Debe recalcar que no se requirió utilizar técnicas de muestreo para estas mediciones, dado que la cantidad de datos que conforman la población total de producción es relativamente pequeña, por lo que se optó por realizar un censo, considerando la totalidad de dicha producción, la cual se detalla en el Anexo 6.

4.1.1 Costos de calidad

Para complementar el proyecto con otro elemento de medición, se procedió a determinar los costos actuales de calidad, los cuales se pretende seguir midiendo periódicamente para analizar la tendencia del indicador a través del tiempo.

En primera instancia se llegó a determinar con los involucrados, los tiempos de su jornada laboral semanal que dedican a labores de prevención y evaluación de la calidad; y esto se tradujo a costos anuales de prevención y evaluación, tal y como se muestra en las tablas 9 y 10 respectivamente, a continuación, y en la página siguiente.

Tabla 9. Horas semanales dedicadas a prevención y evaluación de la calidad

	Gerencia	Supervisor Instalación	Programación	Diseño	Proveduría	Supervisor Ebanistería	Supervisor Acabados
Prevención	9	1	11	39.5	39.5	15	3
Evaluación	3	3	5	1	1	22	32

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 10. Costos actuales anuales de prevención y evaluación de la calidad

	Gerencia	Supervisor Instalación	Programación	Diseño	Proveduría	Supervisor Ebanistería	Supervisor Acabados	Monto total
Prevención	2,250,000	125,000	1,650,000	4,443,750	5,925,000	1,312,500	262,500	15,968,750
Evaluación	750,000	375,000	750,000	112,500	150,000	1,925,000	2,800,000	6,862,500
							Total	22,831,250

Fuente: Elaboración propia, 2020

Posteriormente se utiliza los defectos registrados durante el año y se les separa en fallas internas y externas para determinar los costos anuales de fallas externas e internas. Los datos utilizados para calcular dichos costos se presentan en el Anexo 4, y como resultado de procesarlos se presenta en la tabla 11, los costos actuales anuales de fallas internas y externas.

Tabla 11. Costos actuales anuales de fallas internas y externas

	Monto total
Fallas Internas	
Fallas operativas	10,803,600
Fallas en diseño	2,125,000
Costo total	12,928,600
Fallas externas	
Fallas en relación con clientes	9,287,762
Fallas en mediciones	5,605,400
Costo total	14,893,162
Costo total de fallas	27,821,762

Fuente: Elaboración propia, 2020

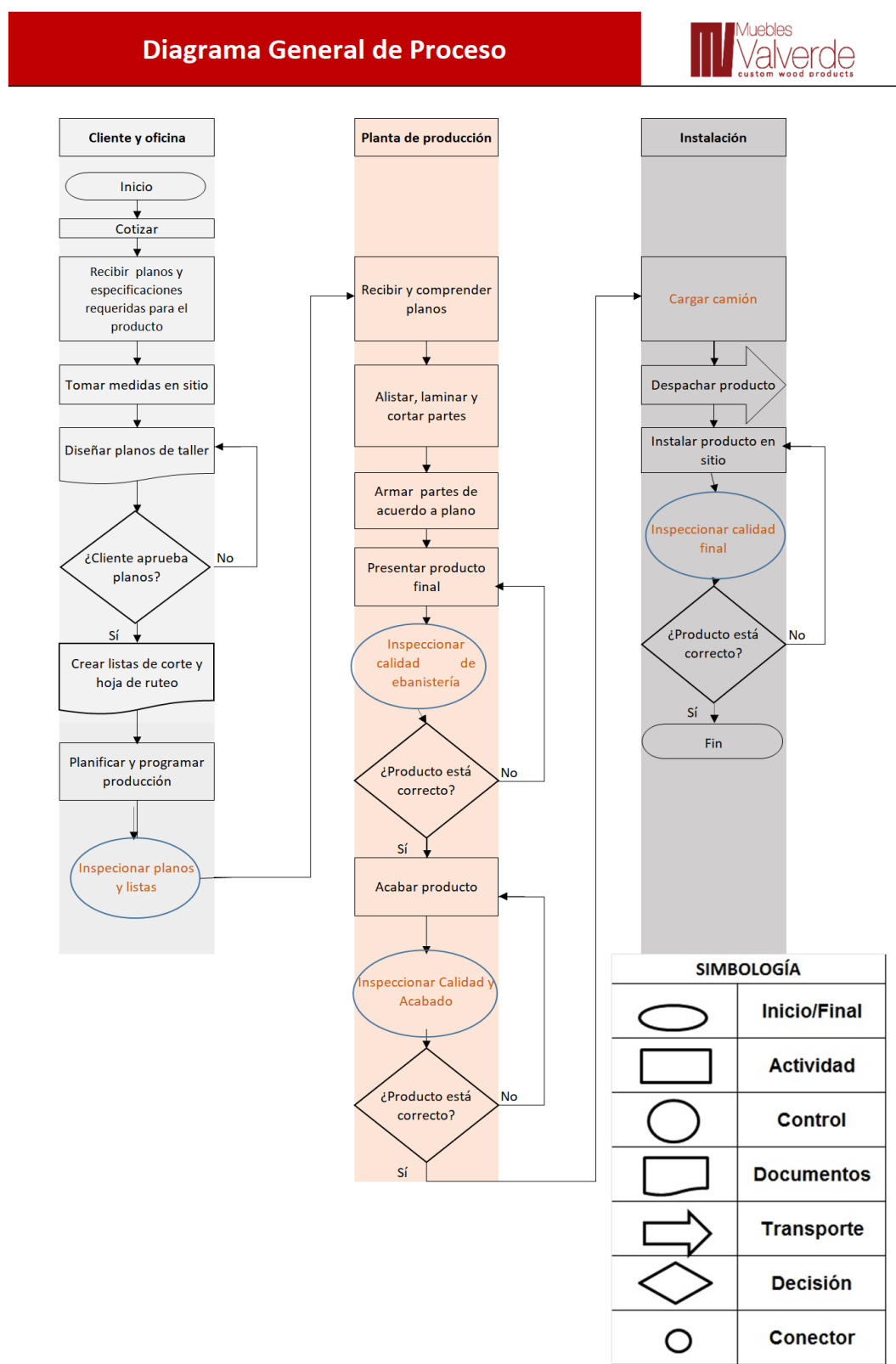
Como se puede deducir de los datos, efectivamente existe un desbalance entre los costos de calidad de prevención y evaluación y los costos correspondientes a la corrección de las fallas. Los primeros suman un total de 22.831.250 colones anuales y los segundos un monto de 27.821.762 colones anuales. La teoría referente a los costos de calidad, apunta a minimizar dichos costos, lo cual se logra al tener un balance entre los costos de prevención y evaluación y los de corrección. Los datos obtenidos hacen concluir que se requiere de una mayor inversión en prevención para así reducir los costos de las fallas; factor que deberá tenerse en consideración al momento de elaborar las propuestas de mejora de esta investigación.

4.2 ANÁLISIS DEL PROCESO

Como tercera herramienta de análisis del problema, se procedió a construir un diagrama de flujo del proceso para revisar los pasos que en teoría deben cumplirse para la realización de los proyectos. El mismo se presenta en la figura 19, en la página siguiente.

La simbología utilizada se incluye en los diagramas de proceso, la cual es la especificada en la Tabla 2 del capítulo II, marco teórico.

Figura 19. Diagrama general del proceso



Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se evidencia en el diagrama, dentro del proceso se han determinado algunos pasos específicos en donde se debe revisar la calidad del producto fabricado, pasos que deberían ser en teoría suficientes para asegurar la calidad; sin embargo, si se continúa teniendo problemas de calidad, tanto dentro como fuera del proceso, es evidente que, o los controles no son suficientes o no son llevados a cabo adecuadamente.

El diagrama fue uno de los insumos que se utilizó para realizar una lluvia de ideas de las posibles causas de los problemas de calidad, lo cual se detallará en la siguiente sección.

Como se observa en el diagrama, el proceso implica tres fases importantes. En la primera se da la interacción con el cliente y resulta fundamental para que se tenga una visión clara de lo que el cliente desea y poder traducir eso en un diseño que lo satisfaga, y para que luego se transmita el mismo adecuadamente a la segunda y tercera fase, que son la producción y la instalación del producto, respectivamente. Si no se logra la misma percepción del proyecto en todas las etapas, se pueden dar malinterpretaciones que generan errores o diferencias entre lo deseado por el cliente, lo comprendido y diseñado por la empresa y lo fabricado e instalado.

Mayores detalles de procesos particulares también fueron utilizados durante el proceso de análisis, y éstos se muestran en el Anexo 5.

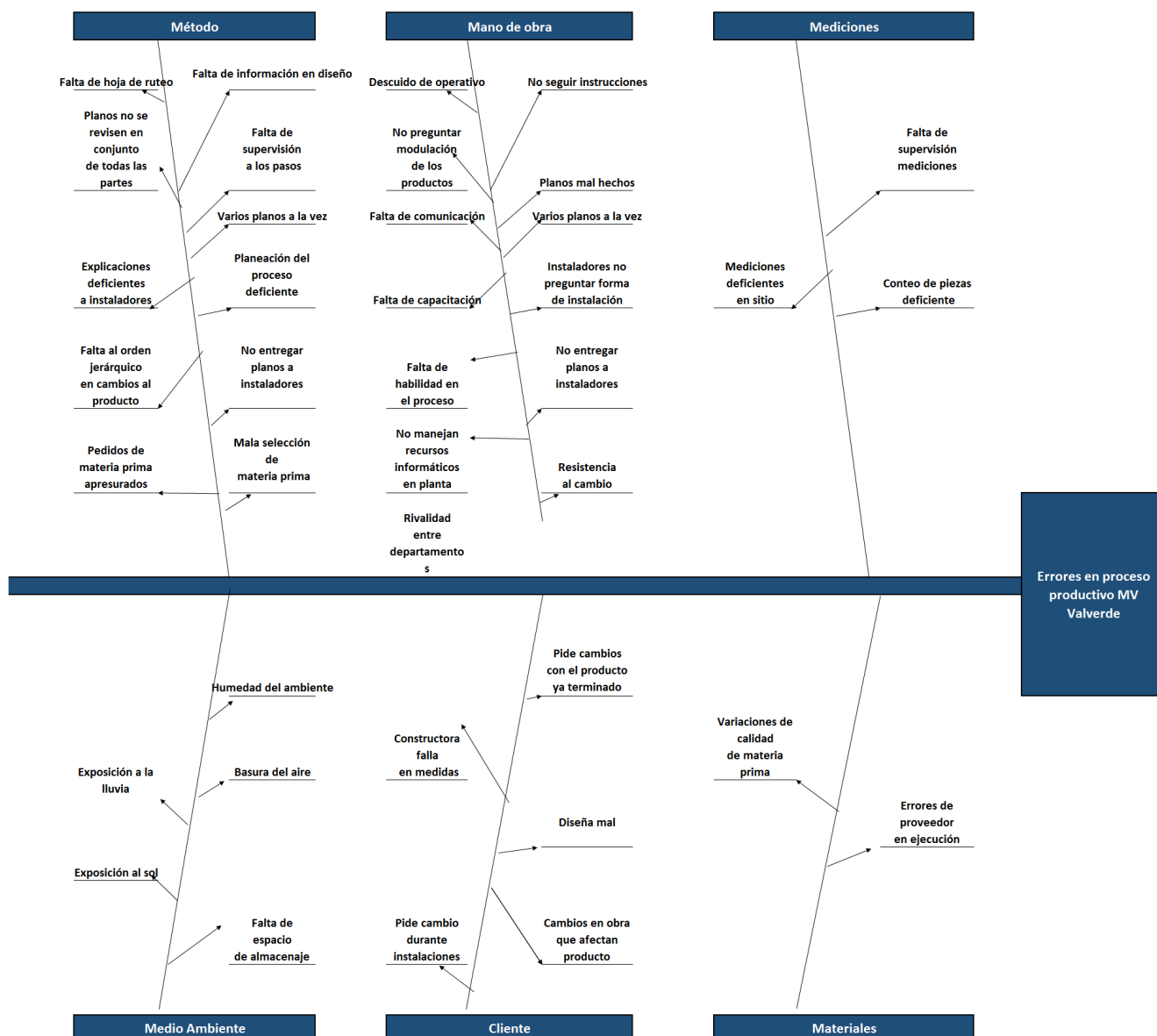
4.3 ANÁLISIS DE CAUSAS

El análisis profundo de las causas de los errores de calidad fue la base para buscar las causas raíz y presentar las soluciones al problema. Para iniciar entonces con la fase 3 del ciclo DMAIC, el análisis, se procedió a la constitución de un grupo de expertos de la empresa, conocedores de la situación, quienes trabajaron conjuntamente en lo que se conoce como “grupo focal”, que, con base en el análisis de los diagramas de flujo de los procesos y su conocimiento de los procesos, y los datos de errores existentes, estableció, dentro de un diagrama causa/efecto, todas las posibles causas que generan problemas de calidad en dichos procesos.

Para facilitar el poder profundizar en el análisis de la situación, también se construyeron diagramas de flujo de proceso más detallados para Diseño y proveeduría, para Acabados, para paneles, para muebles y para puertas, los cuales se detallan en el Anexo 5.

El grupo focal estuvo constituido por seis personas, que representaban a la Gerencia, la programación, dos supervisores de producción, otro del área de instalación y finalmente la funcionaria de diseño. El diagrama causa/efecto resultante del grupo focal se muestra en la figura 20 de la página siguiente.

Figura 20. Diagrama causa-efecto



Fuente: Elaboración propia, 2020

En el diagrama se incluyeron 40 posibles causas para el problema de calidad, que se desglosan en las seis ramas del diagrama, conteniendo causas en todas ellas; en los métodos de trabajo, en el trabajo realizado por los operarios, en las mediciones, los

materiales, el medio ambiente y en los procesos desarrollados con los clientes. Dentro del proceso de lluvia de ideas se respetó la regla de no desestimar ninguna idea presentada por los miembros del equipo, pues será en las siguientes secciones en donde se proceda a valorar las diferentes posibilidades hasta llegar a la causa o causas raíz del problema.

4.4 DETERMINACIÓN DE AREAS DE ESTUDIO PRIORITARIAS

Utilizando los datos de los problemas de calidad que se dieron sobre la totalidad de la producción del año 2019, los cuales se listaron en el Anexo 3, se procedió a clasificar y agrupar los mismos para determinar a cuál de las ramas del diagrama causa-efecto correspondían, de modo que este sirviera para observar si alguna o algunas ramas tienen un mayor impacto sobre el problema y, por ende, debieran considerarse prioritarias al momento de buscar las causas del problema, según se estableció en el segundo objetivo específico, el cual es determinar el peso relativo de los diferentes tipos de errores de calidad.

La agrupación de datos resultante, permitió la construcción de un diagrama de Pareto general, que deja observar cuatro áreas prioritarias a analizar. Los datos se presentan primeramente en la tabla 12, donde se observa la importancia prioritaria de dichas áreas con sus valores porcentuales; que se representan también en la figura 21, del diagrama de Pareto general.

La frecuencia que se detalla en la tabla 12 representa la cantidad de errores de calidad que se asocian con una causa determinada. Por ejemplo, se detecta 35 errores de calidad que se asignan a errores por causa del cliente, o de las especificaciones obtenidas del

cliente. También se determina que se provocaron 33 errores de calidad asociados con labores operativas, 22 errores debido a la no rectificación de medidas en el sitio, y 18 errores de calidad causados por errores en el diseño de planos y así sucesivamente con las demás causas que se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Tabla de datos para Pareto General por tipo de defecto

	Frec,	%	% acum.
Error de cliente	35	22.44%	22.44%
Error de operativos	33	21.15%	43.59%
Rectificación de medidas correctas en sitio	22	14.10%	57.69%
Errores en Diseño (planos o listas)	18	11.54%	69.23%
Errores en materia prima	16	10.26%	79.49%
Dificultad de producto	5	3.21%	82.69%
Error por clima	4	2.56%	85.26%
Error de planificación	4	2.56%	87.82%
Retrasos por extras no planificados	4	2.56%	90.38%
Saltar pasos en el funcionamiento general	4	2.56%	92.95%
Falta de realización de control de calidad en acabado	3	1.92%	94.87%
Realización de control de calidad en Ebanistería	4	2.56%	97.44%
Error de proveedores	2	1.28%	98.72%
Herramientas o maquinaria en mal estado	1	0.64%	99.36%
Supervisión de calidad de instalación	1	0.64%	100.00%
	156	99.36%	

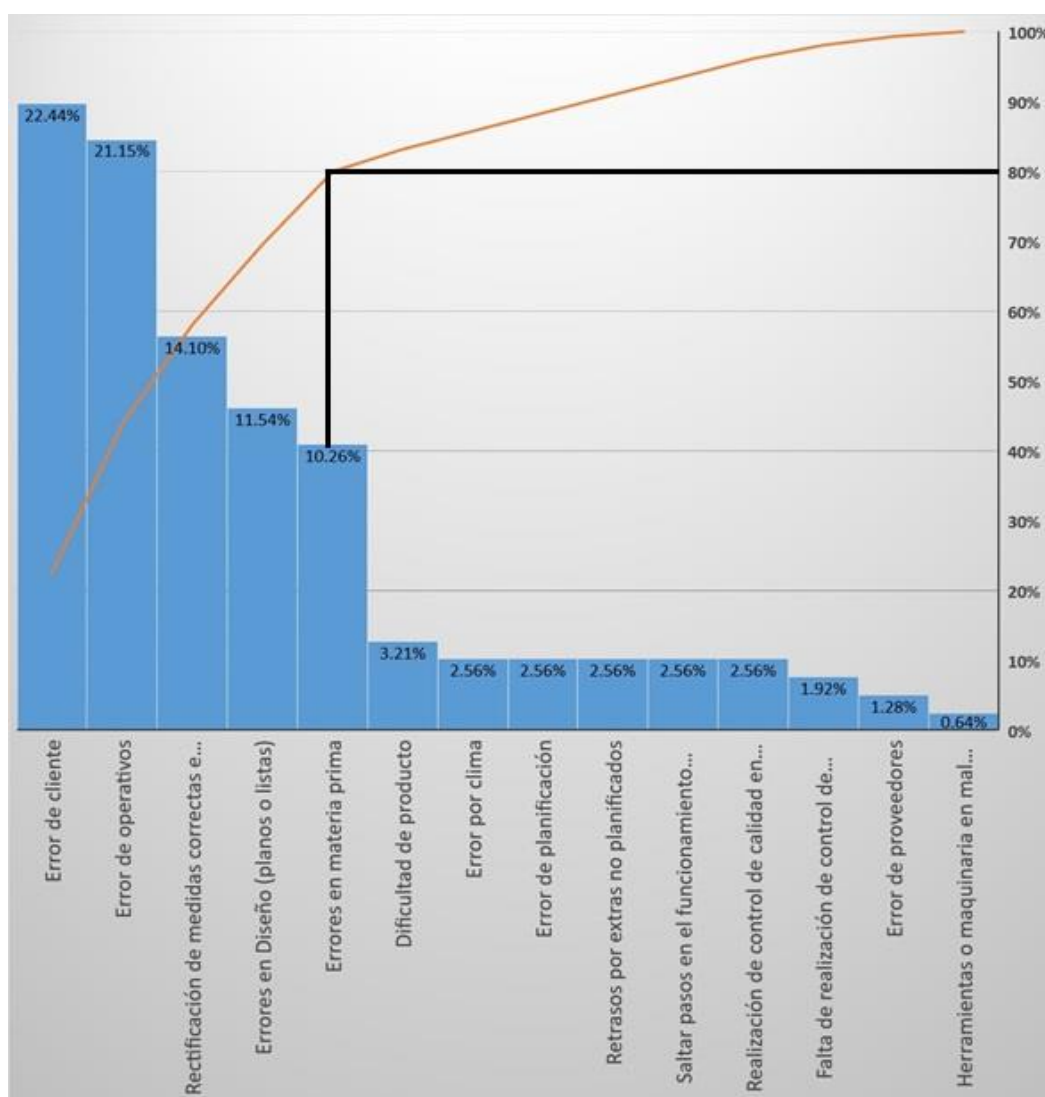
Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se mencionó anteriormente, se detectan cuatro áreas principales que se deben estudiar. Ellas son; los errores generados en la relación con el cliente, con un 22,44%, los

errores operativos detectados durante la producción, con un 21.15%, los errores relacionados con las mediciones utilizadas para el diseño del producto, con un 14,10% y los errores detectados en el diseño de planos con un 11,54%.

Se determina entonces, que estas cuatro áreas componen el Sistema de Elementos críticos de la empresa, y por tanto serán la base a controlar para el mejoramiento. En cada una de ellas, se establecerá en el diseño de propuestas, los puntos específicos a controlar.

Figura 21. Diagrama de Pareto general



Fuente: Elaboración propia, 2020

Estas cuatro áreas serán analizadas con mayor detalle en la siguiente sección.

4.5 ANÁLISIS DE CAUSAS PRINCIPALES PARA ÁREAS PRIORITARIAS

Se continuó el análisis de las áreas principales estudiando cada área separadamente.

Los cuatro apartados siguientes detallan dicho análisis, que se efectuó en conjunto con los supervisores respectivos para determinar a que causa específica correspondía cada error.

En algunos casos un error de calidad puede tener dos causas simultáneas.

4.5.1 Análisis de errores generados en la relación con el cliente

Al clasificar los errores generados durante la relación de definición del producto requerido con el cliente, se determinó que un 32,43% de dichos errores se provocaron al solicitar cambios en productos ya terminados e instalados. Además, un 24,32% fueron provocados por cambios realizados por la constructora en el sitio durante la fabricación del producto, lo que ocasionó desajustes al momento de la instalación.

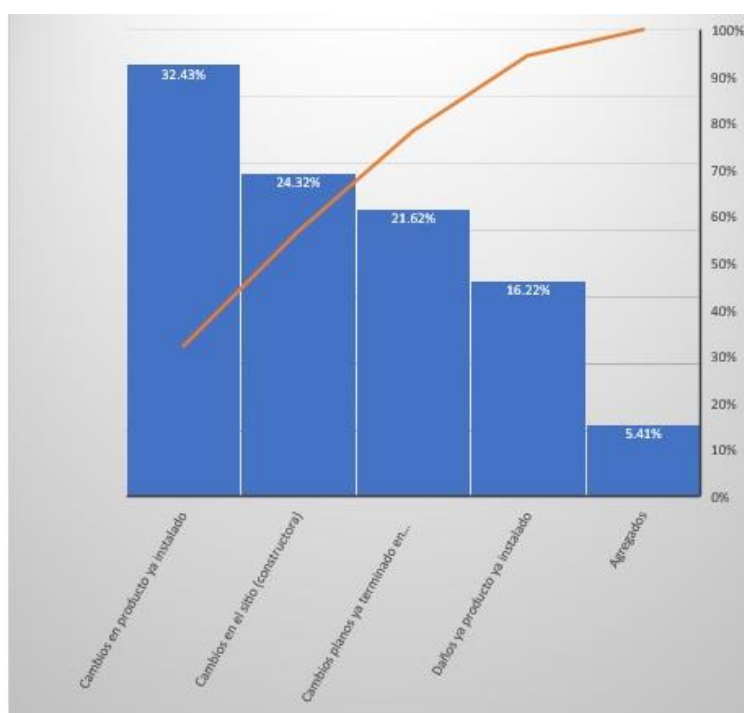
También se generaron un 21,62% de cambios cuando el producto ya estaba terminado en planta, aunque aún no había sido llevado a instalar. Estos y otros detalles de cambios se muestran en la tabla 13 y la figura 22.

En el anexo 17 se muestra el detalle de cómo se reclasificó los defectos que se resumen en las tablas 13, 14, 15 y 16. Cada defecto se clasificó según la causa que lo produjo, obteniéndose las tablas y paretos que se presentan en esta sección.

Tabla 13. Pareto por tipo de defecto - clientes

Fuente	Frecuencia	%	% Acumulado
Cambios en producto ya instalado	12	32.43%	32.43%
Cambios en el sitio (constructora)	9	24.32%	56.76%
Cambios planos ya terminado en planta	8	21.62%	78.38%
Daños ya producto ya instalado	6	16.22%	94.59%
Agregados	2	5.41%	100.00%
		0.00%	100.00%
Total	37		

Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 22. Diagrama de Pareto causas cliente

Fuente: Elaboración propia, 2020

4.5.2 Análisis de errores operativos

La tabla 14 y la figura 23 que se presentan a continuación detallan las causas principales derivadas de errores operativos

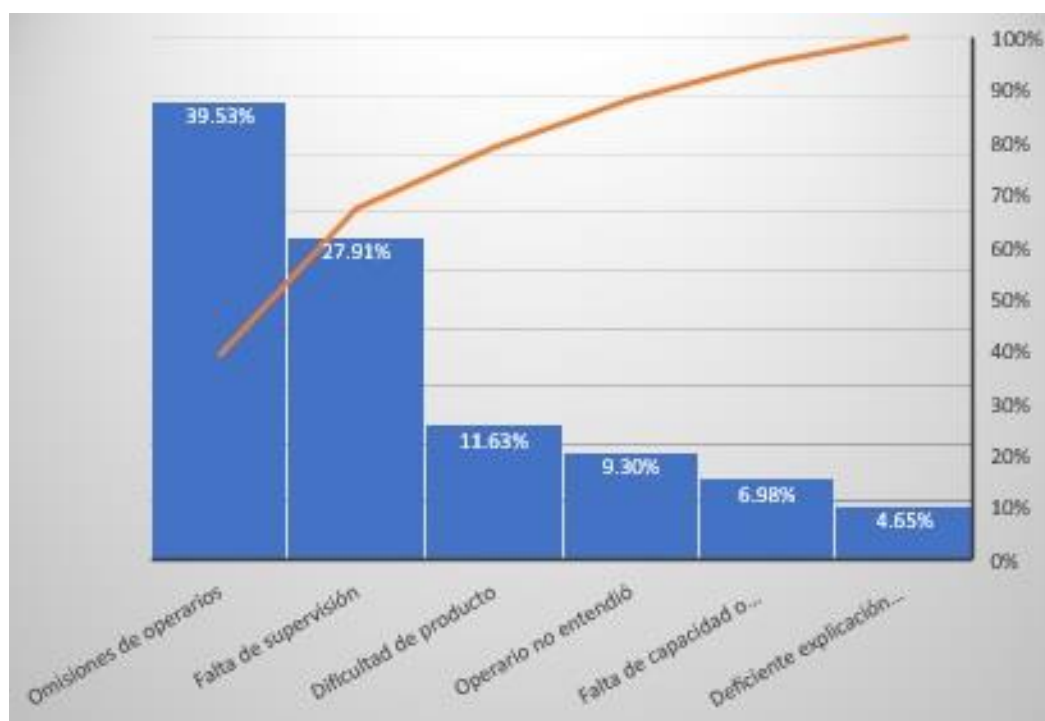
Tabla 14. Pareto por tipo de defecto – causas operativas

Fuente	Frecuencia	%	% Acumulado
Omisiones de operarios	17	39.53%	39.53%
Falta de supervisión	12	27.91%	67.44%
Dificultad de producto	5	11.63%	79.07%
Operario no entendió	4	9.30%	88.37%
Falta de capacidad o habilidad	3	6.98%	95.35%
Deficiente explicación de supervisor	2	4.65%	100.00%
Total	43	100.00%	

Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se mencionó al inicio de la sección 4.5, éstas frecuencias se obtienen del análisis en conjunto con el supervisor de cada uno de los defectos de calidad, para determinar a cual causa específica deben ser asignados.

Figura 23. Diagrama de Pareto causas operativas



Fuente: Elaboración propia, 2020

El análisis de las fallas operativas demostró que un 39,53% se debieron a que los operarios omitieron algún paso u procedimiento al realizar sus labores, el 27,91% se debió a falta de supervisión o supervisión insuficiente, mientras que solo un 11,63% se puede achacar a la dificultad de fabricar el producto y en 9,30% de las ocasiones sucedió que el operario no comprendió las instrucciones de trabajo.

4.5.3 Análisis de errores relacionados con las mediciones

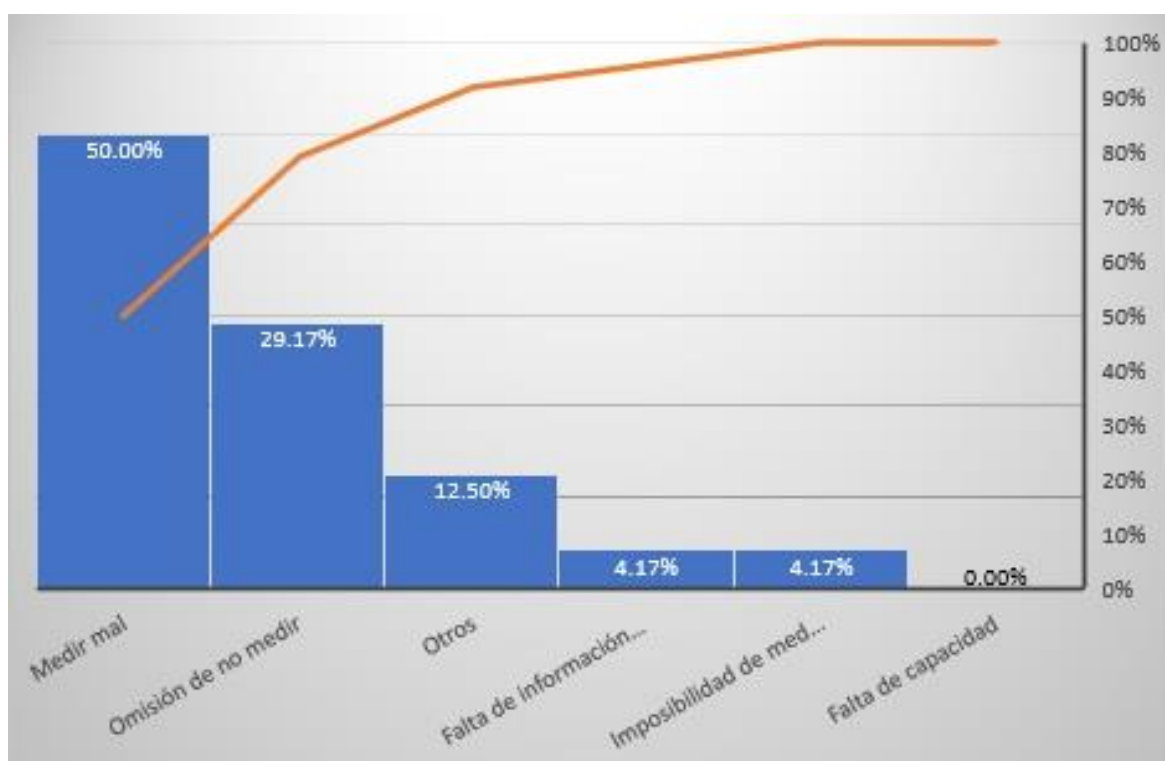
En la tabla 15 y la figura 24 se muestran los resultados de la valoración realizada a los errores de calidad generados en las mediciones. Como se puede apreciar, el 50% de los errores se debió a que se realizó una mala medición y un 29,17% se debió a omisiones en las mediciones. También se obtuvo un 12,5% en otros errores o descuidos menores.

Tabla 15. Pareto por tipo de defecto – causas en mediciones

Fuente	Frecuencia	%	% Acumulado
Medir mal	12	50.00%	50.00%
Omisión de no medir	7	29.17%	79.17%
Otros	3	12.50%	91.67%
Falta de información importante de saber	1	4.17%	95.83%
Imposibilidad de medir todo	1	4.17%	100.00%
Falta de capacidad	0	0.00%	100.00%
Total	24		

Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 24. Diagrama de Pareto causas en mediciones



Fuente: Elaboración propia, 2020

4.5.4 Análisis de errores relacionados con la etapa de Diseño

La tabla 16 que sigue a continuación, muestra la clasificación prioritaria que se dio a los errores en Diseño. Como se observa un 80.77% se debió a que el plano o la lista de corte estaba mal por una serie de omisiones, descuidos o cambios.

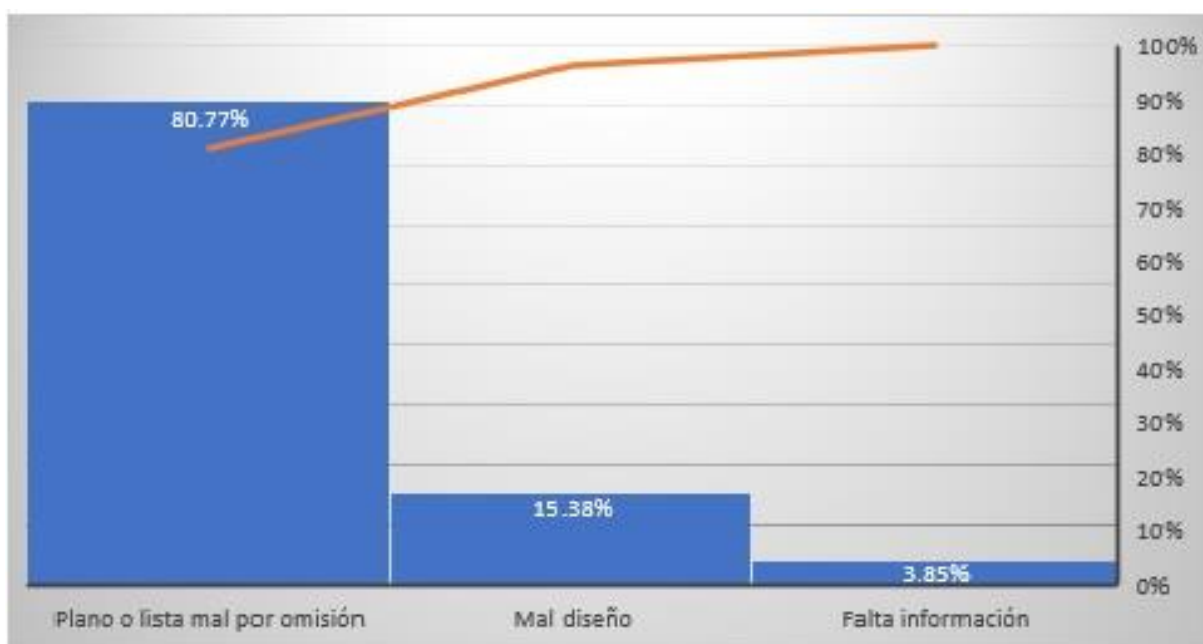
Tabla 16. Pareto por tipo de defecto – causas de diseño

Fuente	Frecuencia	%	% Acumulado
Plano o lista mal por omisión	21	80.77%	80.77%
Mal diseño	4	15.38%	96.15%
Falta información	1	3.85%	100.00%
		0.00%	100.00%
		0.00%	100.00%
		0.00%	100.00%
Total	26		

Fuente: Elaboración propia, 2020

Los valores de esta tabla se ilustran en la figura 25 a continuación.

Figura 25. Diagrama de Pareto causas en diseño



Fuente: Elaboración propia, 2020

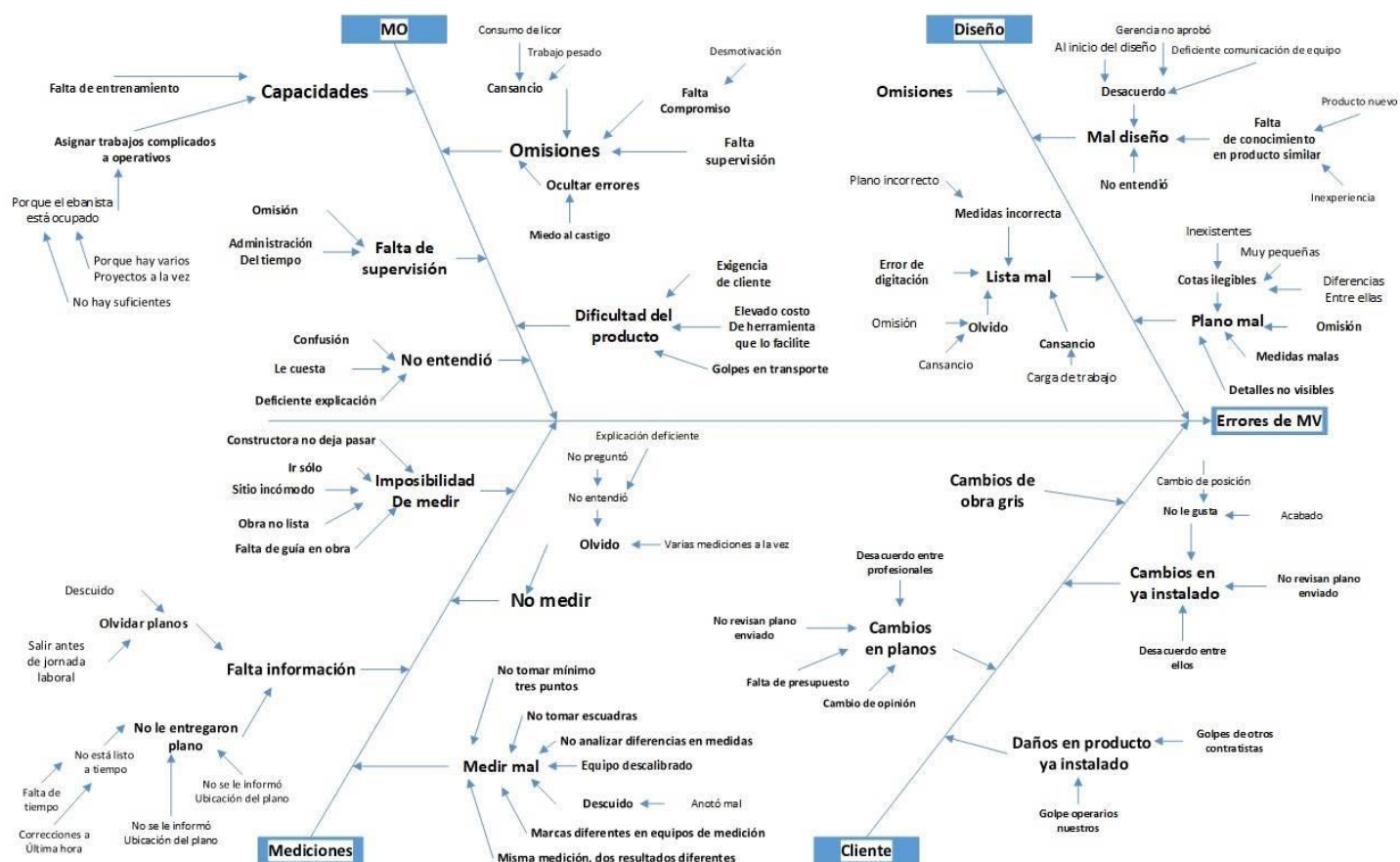
4.6 DETERMINACIÓN DE CAUSAS RAÍZ

Para concluir la etapa de análisis, se procedió a realizar con el grupo focal un análisis más profundo de las causas, las cuales se reflejan en un diagrama causa efecto que incluye mayor detalle hacia atrás, con lo cual se busca determinar las causas raíz del problema. Es la primera conclusión del grupo que los problemas de calidad existentes responden a una situación multivariable y no a una única causa a eliminar.

Entonces, usando el diagrama causa efecto y a partir de las causas mayores de los cuatro diagramas de Pareto presentados en la sección anterior, se redujo las 40 causas iniciales a 10 (las de mayor valor en los cuatro Pareto). Con estas 10 causas el equipo de trabajo procedió a preguntarse si había una o varias causas hacia atrás y se fueron incluyendo las mismas en el diagrama, determinando una gran cantidad de posibilidades de razones para la mala calidad.

El trabajo de lluvia de ideas realizado generó todas las opciones que se muestran en la figura 26.

Figura 26. Diagrama Causa Efecto – Causas raíz



Fuente: Elaboración propia, 2020

A partir de los resultados de la figura 31, el grupo utilizó la técnica de multívoto, para votar por las diferentes causas registradas y luego entonces depurar dicha lista, dejándose una cantidad reducida de causas, que se muestran en la tabla 17, a continuación.

Tabla 17. Causas raíz generadas con multivoto

	Fuente	% en su categoría	Causas raíz			
Clientes	Cambios en producto ya instalado	32.43%	Desacuerdos entre funcionarios	Cambio de opinión		
	Cambios en el sitio (constructora)	24.32%	Cambios de opinión cliente o constructora			
	Cambios planos ya terminado en planta	21.62%	Cambios de opinión cliente o constr.	Desacuerdos	Presupuesto	Falta mas revisión de planos
Operación	Omisiones de operarios	39.53%	Falta de compromiso/desmotivación	Temor	Descuido	Falta capacitación
	Falta de supervisión	27.91%	Mala administración del tiempo	Omisiones		
	Dificultad de producto	11.63%	Nivel de exigencia del cliente	Falta equipo más sofisticado		
Diseño	Plano o lista mal por omisión	80.77%	Presión de trabajo	Descuidos	Malas medidas	Cambios de última hora
Medición	Medir mal	50.00%	Metodología seguida	Calibración	Descuidos	Olvidos
	Omisión de no medir	29.17%	Muchas mediciones/olvidos	Descuidos	No entendio explicación o fue insuficiente	
	Otros	12.50%	No se pudo medir por problemas en	Cambios ultima hr	No llevo planos a la medición	

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la tabla se confirma la naturaleza multivariable de la raíz del problema, pues, aunque se redujo el análisis a las 10 mayores causas, de la lluvia de ideas realizada se obtienen casi 30 causas raíz, las cuales deberán ir siendo solucionadas en paralelo para corregir la situación actual.

4.7 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

Con base en el análisis de datos realizado durante este capítulo, y gracias a la interacción de opiniones obtenidas del grupo de expertos que conocen a profundidad la situación, se llegó a las siguientes conclusiones del diagnóstico.

1. El proceso en estudio es un proceso de alta variabilidad, debido a la fuerte injerencia que tiene el factor humano en el mismo. De ahí se derivan los problemas de calidad, que también se producen por los altos estándares de calidad exigidos por los clientes.
2. Con los datos e indicadores desarrollados, se llegó a determinar que se ha presentado defectuoso en todos los proyectos realizados durante el año 2019, obteniéndose un promedio de 13 errores por proyecto, con un porcentaje de defectuoso del 28,06% que corresponden a una tasa de 280.551 unidades defectuosas por millón de unidades producidas, lo que corresponde aproximadamente a un nivel 2 sigma (ver anexo 7).
3. Los costos de calidad, determinados en la sección 4.1.2 del capítulo, muestran que existe un desbalance entre los costos de calidad de prevención y evaluación (22.831.250 colones anuales) y los costos correspondientes a la corrección de las fallas (27.821.762 colones anuales). Estos datos hacen concluir que se requiere de una mayor inversión en prevención para así reducir los costos de las fallas; lo cual que deberá tenerse en cuenta al momento de elaborar las propuestas de mejora.
4. Dado que siempre se produce defectuoso, se comprueba que los métodos determinados en los diagramas de proceso no son suficientes para contener el defectuoso, por lo que se requiere mejorar estos aspectos.
5. El análisis que hizo el grupo focal de los datos existentes y de su observación de los diagramas de proceso, generó un primer causa efecto con alrededor de 40

causas potenciales del problema. Las mismas se traducen posteriormente a causas prioritarias y no prioritarias con base en los datos de defectuoso existentes.

6. Se determinó cuatro ramas principales a ser estudiadas; resultados de las relaciones con los clientes, área operativa, proceso de diseño y proceso de mediciones, dado que son las que más contribuyen a que exista el nivel de defectuoso actual. Del estudio de estas cuatro ramas se generan 10 causas principales a las que se les aplicó la técnica de los 5 por qué's para determinar causas raíz.
7. Del análisis de los 5 por qué's se determina que la problemática de calidad es multicausa y no se puede achacar a una sola causa. La tabla 17 en la sección 4.6 detalla las causas raíz seleccionadas, algunas de las cuales se repiten para las diferentes variables. Todas estas causas serán consideradas para procurar su erradicación total al aplicar las medidas que se definan en el próximo capítulo.

CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Para cumplir con el paso de mejoras del proceso DMAIC, con base en el análisis realizado en el diagnóstico del capítulo anterior, se llegó a la conclusión de que la solución del problema requiere de una propuesta multifactorial, procurando solucionar de raíz los cuatro elementos principales que se estudiaron en el capítulo 4; clientes, diseño, mediciones y operaciones, por lo que se dedicará una sección de este capítulo a cada una de ellas. Además de ello se realizará una valoración de los resultados esperados con la implementación de las propuestas, incluyendo la evaluación económica del proyecto.

Finalmente se termina el proceso DMAIC con la etapa de Controlar, pues se presenta el plan de implementación propuesto, haciendo énfasis en aclarar que algunas de las propuestas ya han venido siendo implementadas, según lo ha solicitado la Gerencia.

5.2 PROPUESTAS REFERENTES A LA RELACIÓN CON EL CLIENTE

De la tabla 17 del diagnóstico, referente a las causas raíz detectadas, se determinó que los desacuerdos entre funcionarios del cliente, cambios en presupuestos disponibles, cambios de opinión sobre aspectos del producto o su instalación o sobre el uso del espacio y una revisión superficial de los planes, son las causas que llevan al error de calidad.

Si bien estas causas no se pueden eliminar del todo pues en mucho dependen de decisiones del cliente, al menos lo que se quiere es que se de una relación de mayor formalidad, con tres aspectos básicos: un contrato de trabajo que formalice los acuerdos y detalles del proyecto, un registro formal de los cambios solicitados para que quede trazabilidad de cantidad de cambios y responsables y una cantidad de reuniones con el cliente para más acercamiento, revisar planos y mejorar la comunicación. Estas tres propuestas se detallan a continuación.

5.2.1 Mejoras en el contrato de trabajo

Al analizar el grupo focal la situación de las contrataciones de trabajos solicitados por el cliente, se detectó que algunas veces incluso se inicia la producción sin que dichos contratos hayan sido elaborados por el cliente, basándose únicamente en acuerdos verbales, donde no se puede jamás contemplar todos los detalles relevantes.

Es por ello necesario que al inicio de la contratación se dedique el tiempo necesario a revisar con el cliente las condiciones del contrato y obtener la aprobación por parte del cliente. Dentro de este contrato se debe estipular claramente los factores que, por experiencia, se sabe ocurren, como, por ejemplo:

- Los períodos de tiempo en que es factible realizar cambios sin que esto afecte el costo y tiempo de entrega del proyecto.
- Los períodos de tiempo en que es factible realizar cambios, pero con una afectación significativa en el costo y en el tiempo de entrega del proyecto.
 - La asignación de costos adicionales, así como el descargo de la responsabilidad por atrasos por daños, golpes o averías ocasionados por terceros una vez que el producto ha sido dejado en el sitio de instalación. En referencia a este último punto, ya se realizó una mejora sustancial en el embalaje del producto antes de transportarlo al lugar de instalación, para mantenerlo más protegido hasta el momento en que se termina la instalación y se entrega el proyecto. La figura 27 es un ejemplo de la mejora en el embalaje que ya se está realizando.

La implementación total de esta propuesta solo requiere que el contrato se formalice adecuadamente, no implica costos adicionales y se pondrá en práctica para la próxima contratación que se obtenga.

Figura 27. Mejoras en embalaje de producto terminado



Fuente: Elaboración propia, 2020

5.2.2 Formulario para registro de cambios

Una vez que el cliente, o uno de sus representantes, confirma su deseo de realizar algún cambio al proyecto contratado inicialmente, es necesario que dichos cambios queden debidamente registrados por escrito, para la asignación clara de responsabilidades, costos y tiempos asignables, según lo que se haya estipulado en el contrato (ver sección anterior). El formato propuesto se detalla en la figura 28, donde lo fundamental es que el cliente haya detallado claramente el cambio y se consigne la fecha y la firma del responsable. Dicho formulario ya está en uso, desde inicio del mes de marzo del presente año

Figura 28. Registro de reparaciones y cambios

		MV Valverde S.A.	
		Hoja de ENTRADA REPARACIONES O CAMBIOS	
Proyecto:		Fecha de solicitud:	/ /
Cambio o reparación solicitada por:			
Cantidad	Artículo	Descripción	
Recibido EN TALLER POR:		Entregado a taller por:	Fecha: / /

Fuente: Elaboración propia, 2020

5.2.3 Reuniones de revisión de planos

Debe establecerse como una norma que se realicen reuniones conjuntas con los representantes del cliente, en las cuales se aclare detalles constructivos, espacios y formas, y la revisión detallada de cotas en los planos respectivos. La idea es que esto permita la participación de todos los involucrados, creando un mayor sentido de compromiso en la revisión del proyecto en sus etapas tempranas para prevenir y eliminar errores y atrasos en la construcción e instalación.

El producto final de este proceso debe ser un conjunto de planos del producto debidamente revisados, aprobados y firmados por los representantes del cliente, consignándose también la fecha en que se dio dicha aprobación. Esta etapa se pondrá en práctica a partir de la próxima contratación.

5.3 PROPUESTAS EN REFERENCIA AL PROCESO DE DISEÑO DEL PRODUCTO

El proceso de diseño, se ve claramente afectado principalmente por dos factores; la claridad con que se llevó a cabo el proceso de acuerdo con el cliente y la efectividad de los procesos de medición ejecutados para alimentar los planos.

Estos dos elementos se analizan en sus respectivas secciones, siendo entonces las propuestas de este apartado enfocadas especialmente en el proceso de diseño en sí.

Las otras causas raíz especificadas en la tabla 17 son, una alta presión de trabajo, sumado a esto el efecto que tienen los cambios a última hora por lo que se llegó a la conclusión de que reforzar la cantidad de personal en el área era la única forma posible de reducir dicha presión, pues ya el departamento cuenta con el equipo y la mejor tecnología disponible para desarrollar su trabajo. Finalmente, la otra causa raíz importante son los errores por descuido, por lo cual se desarrolla una propuesta para mejorar el aseguramiento de la calidad en el diseño y se propone además la evaluación periódica del desempeño. Se detalla a continuación las propuestas.

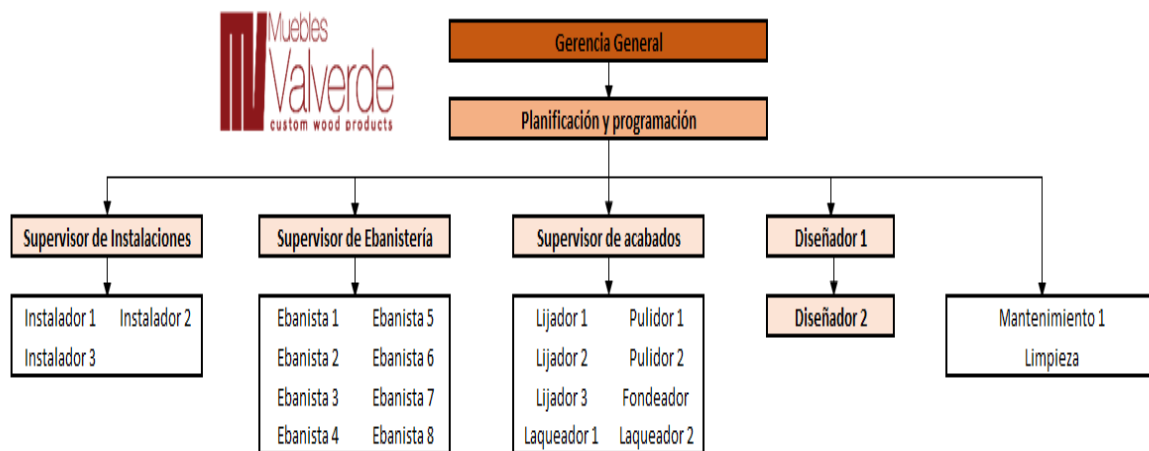
5.3.1 Reforzamiento del área

Se determinó que el área de diseño se convierte frecuentemente en el cuello de botella del proceso dado la multiplicidad de proyectos que algunas veces se trabajan en paralelo, y la frecuencia con que se debe trabajar cambios o adiciones solicitadas por el cliente. Se vuelve muy frecuente la utilización de horas extras y el aumento de la presión de trabajo para entregar a producción cambios y nuevos desarrollos.

Es debido a lo anterior que el grupo focal recomendó y obtuvo la aprobación de la Gerencia para la creación de una nueva plaza de dibujante, el cual ya inició funciones tiempo completo desde inicios del mes de marzo, quedando el puesto subordinado al del Encargado de Diseño, según puede observarse en el nuevo organigrama, que se presenta en la figura 29, en la página siguiente. Las funciones asignadas son las mismas que tiene el Encargado de Diseño, siendo este el encargado de hacer la repartición del trabajo para mantener el mismo al día.

Como se mencionó en la sección 4.1.2 de costos de calidad, es clara la necesidad de reforzar la prevención en el sistema de calidad, por lo que la adición de este nuevo puesto viene a liberar parte del tiempo del diseñador y de la encargada de Programación, de modo que ambas puedan ejecutar mejor las funciones de control de calidad de planos, antes de que estos lleguen al piso de producción.

Figura 29. Organigrama propuesto



Fuente: Elaboración propia, 2020

5.3.2 Mejoramiento del proceso de Aseguramiento de la Calidad del diseño

El diagrama de flujo del proceso general ha sido mejorado para dar énfasis al aseguramiento de la calidad en los puntos críticos, tal y como se mencionó al inicio de este capítulo. La calidad de diseño en este caso tiene que ver con lograr la conformidad del diseño, con las especificaciones acordadas con el cliente.

Esta concordancia debe darse entre los planos realizados para cotizar, los planos constructivos de taller y las listas de corte. El aseguramiento se logra en dos fases, en

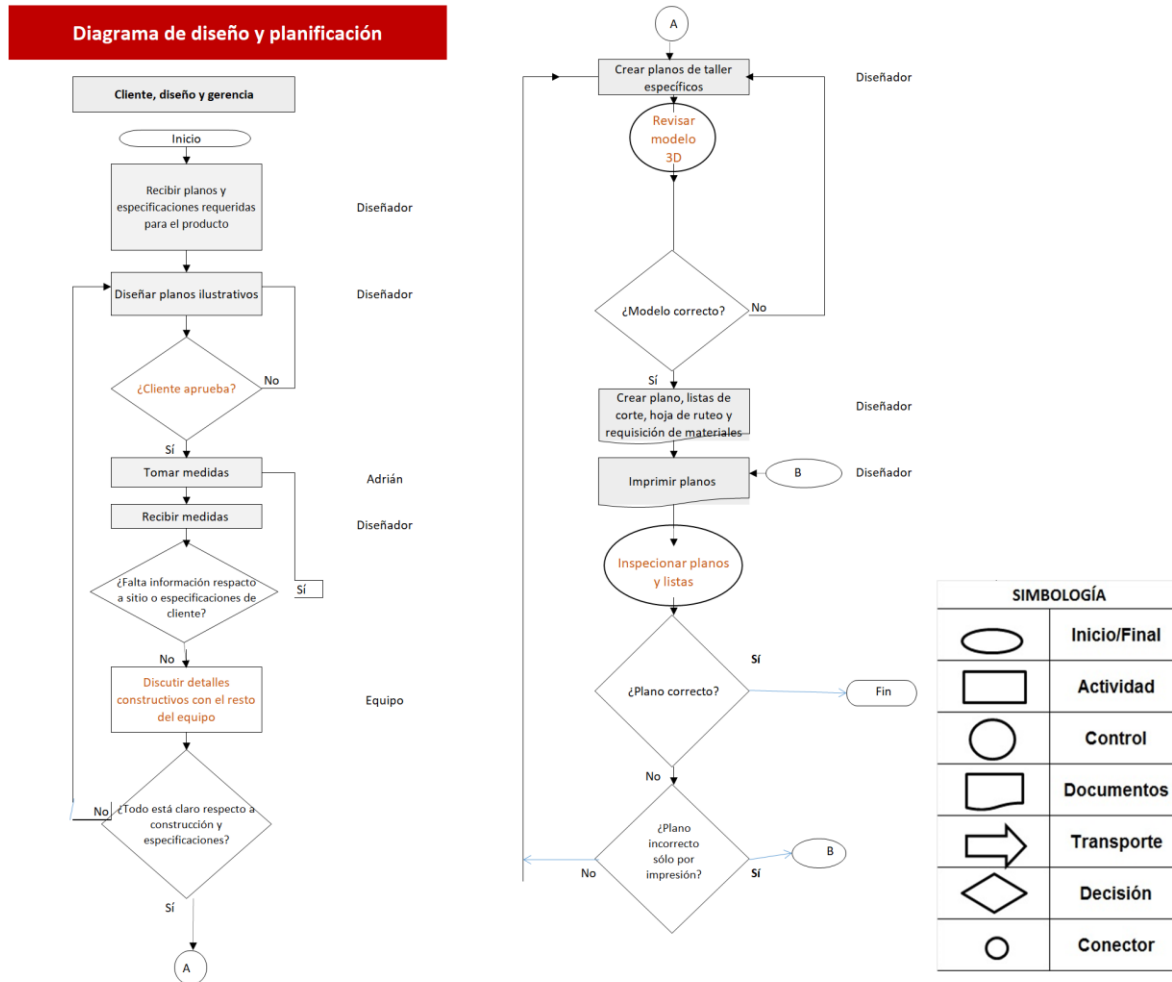
primera instancia una autoevaluación realizada por los dos colaboradores encargados del diseño y en segunda instancia con los procesos de revisión y aprobación que debe realizar la Encargada de Planeación y Programación, dando el visto bueno a los planos finales que deberán ser entregados a Producción.

El detalle de los puntos de control se muestra en el diagrama de proceso de diseño que se muestre a continuación en la figura 30. Estos puntos de control ya están implementados, desde marzo de este año, con la llegada del nuevo colaborador contratado.

Además de lo anterior, una de las complicaciones en estos controles es que el desglose de piezas y las listas de corte respectivas se efectúan en forma totalmente manual, lo que lo hace susceptible al error. Pudo constatarse que la empresa ya cuenta con un software denominado Promob, el cual permite la descomposición automática de un diseño de mueble en sus partes, generando listas de estas; pero el mismo no está siendo utilizado. Las características de este software se muestran en el Anexo 16 y se ha acordado con la Gerencia, la inclusión del mismo como propuesta de mejora que deberá ser implementado de acuerdo al cronograma que se presenta más adelante, en la sección 5.7.

Como complemento al aseguramiento de la calidad, se mantendrá llevando los registros de los errores de calidad que sucedan, agregándose la propuesta de determinar de forma inmediata la causa, las lecciones aprendidas y las acciones de mejora a tomar de cada error detectado. El registro modificado para esto se muestra en el Anexo 8.

Figura 30. Diagrama de flujo de Diseño y Planificación



Fuente: Elaboración propia, 2020

5.3.3 Sistema de evaluación del desempeño

Como forma de fomentar en los colaboradores, tanto de oficina como de planta, un mayor esfuerzo, dedicación, compromiso y atención a los detalles, se establece llevar a

cabo una evaluación semestral del desempeño. La misma debe ser realizada por el jefe inmediato y luego revisada y avalada por el superior de este. El formato que se va a comenzar a utilizar este año ya está listo y se presenta en el Anexo 9. La primera evaluación se realizará a finales del mes de junio y no requiere costos adicionales pues será desarrollada por cada supervisor con revisión de la Gerencia General.

La evaluación será realizada a todo el personal una vez cada seis meses, en los meses de junio y diciembre. Dicha evaluación incluye 10 factores a evaluar con un puntaje máximo de 10 puntos cada uno, por lo que el puntaje total máximo es de 100 puntos. Además, se incluye un espacio de comentarios donde el evaluador indicará los aspectos que el colaborador deberá procurar mejorar. Una vez realizada la evaluación, la misma será discutida con el colaborador evaluado y se le indicará los puntos de mejora.

Eventualmente los resultados también serán utilizados para la revisión de salarios, premios u otros beneficios a los colaboradores.

5.4 PROPUESTAS PARA EL PROCESO DE MEDICIONES

Las causas raíz en el proceso de mediciones apuntan al hecho de que en la mayoría de los proyectos hay muchos detalles a considerar, por lo que pueden darse descuidos, olvidos y omisiones si no se lleva el orden adecuado. Es por ello que la principal propuesta en esta área tiene que ver con estandarizar la metodología a seguir de modo que no se queden cabos sueltos en el proceso. Los descuidos y omisiones se procuran

atacar también con el uso de la evaluación del desempeño ya descrita en la sección 5.3.3 y con doble chequeo de las mediciones.

Finalmente, también los errores pueden venir por equipos de medición descalibrados, por lo que también se propone cambios al respecto.

5.4.1 Estandarización de la metodología a seguir durante las mediciones.

De las discusiones realizadas en los grupos focales, se llegó a concluir que actualmente no se sigue un proceso estandarizado para realizar las mediciones en el sitio. Este es, entonces, el punto de partida de la solución propuesta. Se establece una metodología estándar, respaldada en una lista de chequeo que se muestra en el Anexo 10, que permite a los medidores comprobar si siguieron paso a paso o no la metodología establecida.

El método definido, contempla todas las causas raíz determinadas en el capítulo 4 para esta problemática. Específicamente, incluye lo siguiente:

- Reunión y aclaraciones con el cliente antes de realizar las mediciones.
- Calibración periódica del equipo de medición (ver registro de calibración).
- Llevar los planos y el checklist al momento de realizar las mediciones.
- Mediciones cruzadas. Dos personas deben realizar las mediciones en forma simultánea pero separada. Al finar deben cotejar y aclarar diferencias. Esto ayuda con las desatenciones, la inversión de números y otros descuidos potenciales.

- La medición implica revisar cada cota en tres puntos distintos para verificar si hay descuadres
- Si alguna medición no se puede realizar por problemas o impedimentos en el sitio, se requiere entonces la firma del encargado sobre la medida teórica que contiene el plano, para proceder a trabajar y producir con la misma.
- Los medidores deben entregar el plano y la lista de chequeo a la Encargada de Planeación y programación una vez terminado todo el proceso.
- En dicho momento se debe realizar una revisión con la encargada, para obtener cualquier aclaración necesaria antes de realizar los planos de taller.

Esta lista de chequeo ya está implementada, a partir de las mediciones que se ha debido realizar a partir del mes de marzo. La misma solo implica un costo por el desarrollo del formulario, el cual se considera poco significativo para el proyecto.

5.4.2 Registros de calibración

Se deberá llevar ahora un registro y un archivo físico, de la calibración efectuada a cada uno de los equipos y herramientas de medición utilizados. El formato de registro de la calibración se muestra en el Anexo 11.

Se deberá tener un formulario para cada equipo de medición. Dicho formulario incluye en su parte izquierda todos los datos descriptivos del equipo, y especialmente la frecuencia de la calibración. En la parte derecha el columnar mostrará el historial de las calibraciones que se han realizado al equipo.

El Encargado de mediciones será el responsable de gestionar la calibración de los equipos y de realizar el registro de dichas calibraciones, para posteriormente entregar el registro a la Encargada de Planeación y Programación, quien mantendrá el archivo actualizado y velará por el cumplimiento de la periodicidad establecida.

El proceso a seguir para uso del registro se muestra a continuación en la figura 31.

Figura 31. Diagrama de flujo – calibración

Fuente: Elaboración propia, 2020

La puesta en marcha de este proceso se tiene planeada para el mes de julio, mes en que se estima se requerirá la próxima calibración y la misma solo implica un costo por el desarrollo del formulario, el cual se considera poco significativo para el proyecto.

5.5 PROPUESTAS RELACIONADAS CON LAS OPERACIONES

Al igual que en los casos anteriores muchos errores operativos pueden venir de descuidos, omisiones y falta de compromiso del personal, como se describe en la tabla 17, por lo que aquí también aplica la evaluación del desempeño propuesta, así como también una mejora sustancial en la supervisión, de modo que se prevenga los errores. También se integra para estas causas el uso de sistemas Poka Yoke para disminuir el error humano.

Otras causas raíz tienen que ver con la capacidad y el entendimiento de las instrucciones por parte de los operarios, por lo que se enfatiza propuestas de capacitación, de transmisión correcta de las instrucciones y del uso correcto de planos de taller.

Por otro lado, se da una propuesta de mejoras en la programación de la producción y los proyectos, de modo que esto ayude a la supervisión y a una asignación adecuada del personal a las diferentes actividades.

Finalmente hay una causa raíz relacionada con las altas exigencias de calidad del cliente lo que obliga a mayor automatización con equipos de mayor tecnología.

Se explica a continuación cada una de las propuestas.

5.5.1 Planos de taller

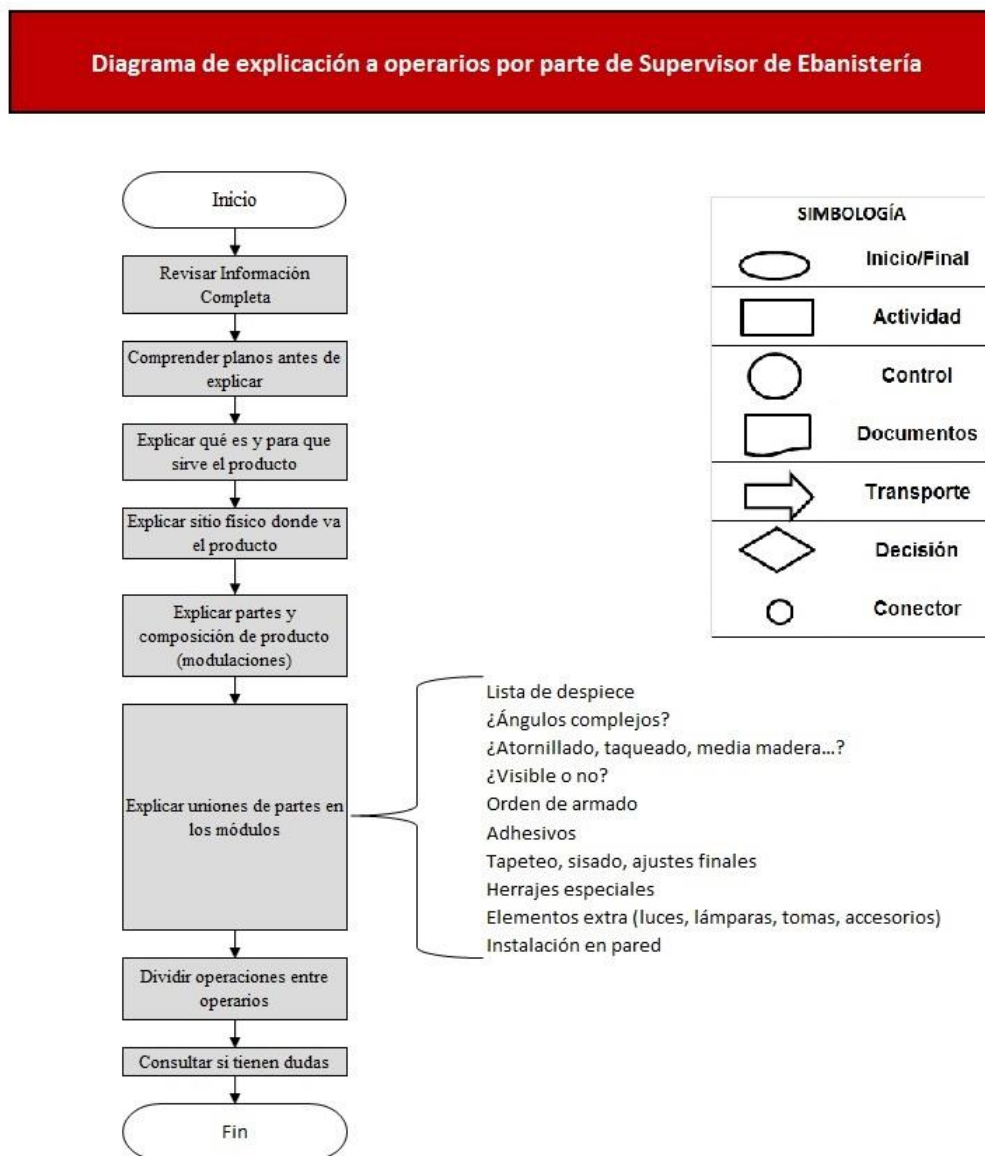
El insumo primario para el inicio de producción debe ser siempre los planos de taller y las listas de corte debidamente revisadas y aprobadas por los responsables establecidos. De esta forma se previene el cometer errores por instrucciones obtenidas de manera verbal o escrita informal. Se implementa esto a partir del mes de marzo con la llegada del nuevo colaborador.

5.5.2 Metodología de traslado de la información al operario

Se establece una nueva metodología estándar para que el supervisor traslade la información del producto a elaborar a los operarios. El objetivo primordial con esta metodología es prevenir que se omita algún detalle importante, se aclare todas las especificaciones del plano y todo quede perfectamente claro para los operarios, incluyendo materiales, medidas, herramientas y máquinas a utilizar.

La figura 32 de la página siguiente muestra el detalle de la metodología, la cual se comenzó a utilizar a partir del mes de marzo.

Figura 32. Diagrama de flujo – Explicación a operarios

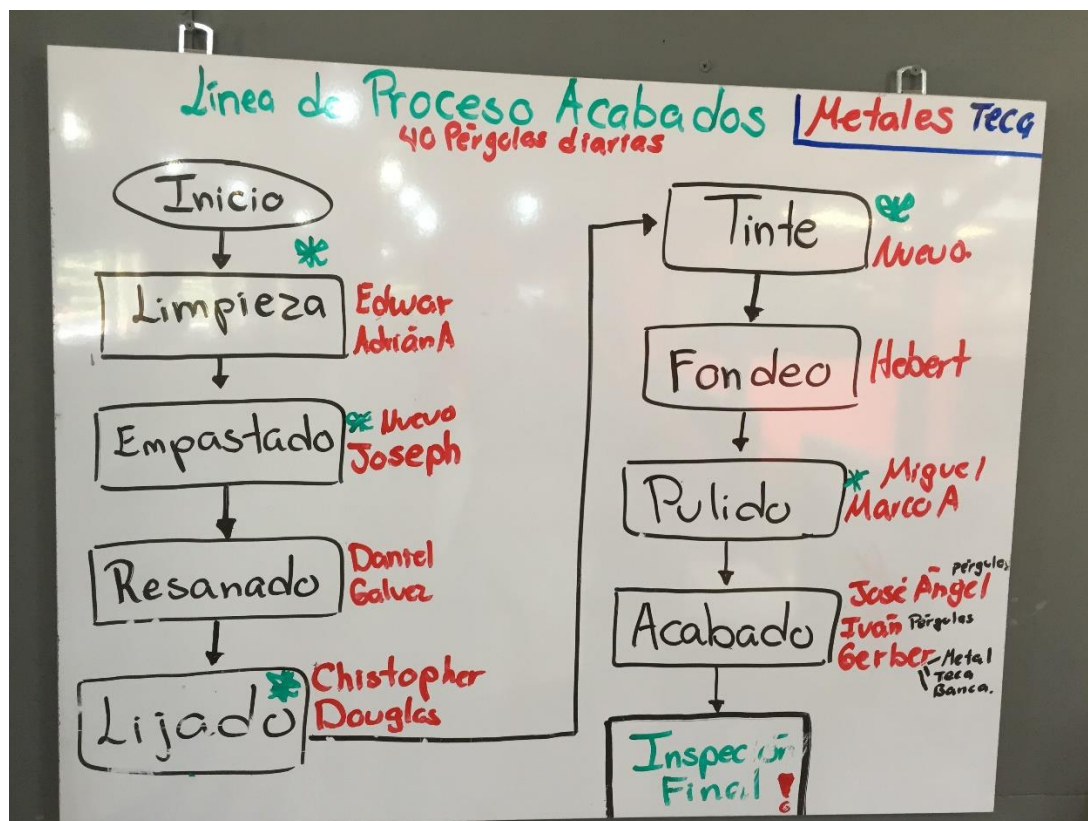


Fuente: Elaboración propia, 2020

5.5.3 Asignación de funciones a los operarios

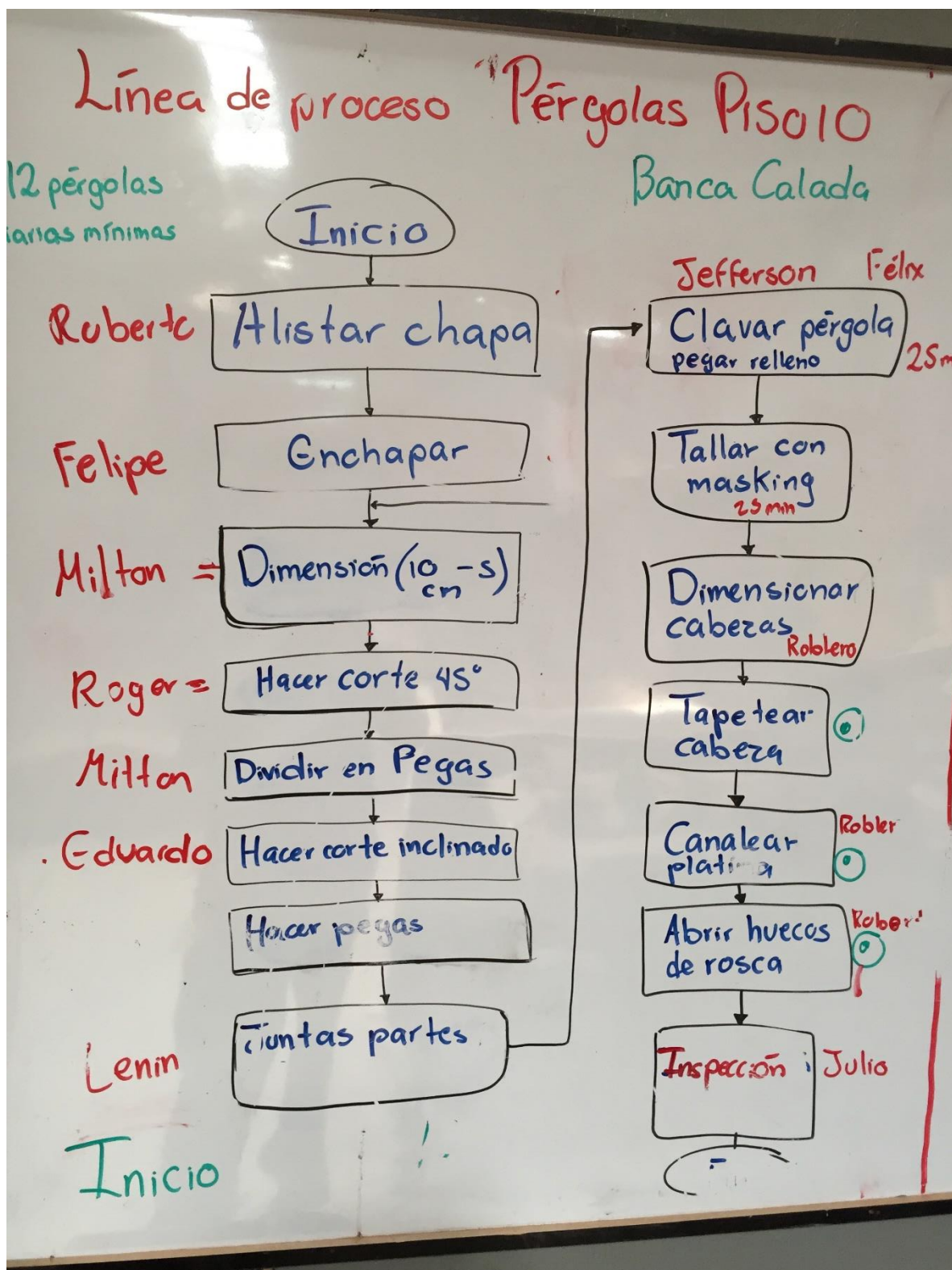
Al inicio de cada proyecto, la encargada de Planeación y programación desplegará en las pizarras de planta el diagrama de flujo del proceso, asignando en este los responsables de cada etapa del proceso. Se realizará una reunión con los involucrados para explicar el proceso, de modo que cada uno sepa su rol, quien lo alimenta con material y a quien debe entregar, estableciéndose las cadenas de trabajo que obligan además a revisar la calidad de lo que se recibe y a asegurar la calidad de lo que se entrega. Ejemplos de las pizarras se muestran a continuación en las figuras 33 y 34, las cuales se comenzaron a utilizar en el mes de febrero, con el proyecto que se esta fabricando en este momento.

Figura 33. Pizarra Diagrama de flujo – Área de acabados



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 34. Pizarra Diagrama de flujo – Área de Ebanistería



En la pizarra, además de establecerse responsables, también se indicará cantidades a producir y tasas de producción diarias esperadas, siendo necesaria la verificación de su cumplimiento por parte del supervisor.

Una vez definida la distribución de la carga de trabajo, en cada inicio de proyecto se asignará al supervisor y a algunos de los ebanistas más calificados, la elaboración de dispositivos **Poka Yoke**, que permitan más facilidad, seguridad, calidad y eficiencia a los operarios, evitándose así errores comunes de cambios de medida o forma, y los subsecuentes reprocesos. Algunos de los dispositivos que se ha comenzado a utilizar en las producciones más recientes se muestran a continuación en las figuras 35 y 36. Ya inició la fabricación y uso de estos elementos los cuales deben construirse en forma específica para cada proyecto y se consideran de costos despreciable debido a que se fabrican con materiales sobrantes.

Figura 35. Elemento Poka Yoke – Área de Ebanistería



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 36. Elemento Poka Yoke – Área de Ebanistería



Fuente: Elaboración propia, 2020

5.5.4 Mejora en la supervisión de planta

Como un elemento adicional para la verificación del cumplimiento de metas de eficiencia y calidad en la producción, se asigna a la encargada de Planeación y programación la función adicional de realizar recorridos diarios en planta para verificar la conformidad de las piezas en fabricación con lo planeado desde el punto de vista de medidas y de la calidad en general prometida al cliente.

Para cada proyecto se elaborará un formato de verificación que incluirá espacios para registrar las verificaciones que se hayan hecho de piezas y sus dimensiones y sus acabados. Se realizará tres recorridos diarios por la planta para comprobar el cumplimiento de los objetivos de eficiencia y calidad. El formato a utilizar se muestra en el Anexo 12. y ya se inició con su uso desde el mes de marzo con la llegada del nuevo colaborador.

5.5.5 Capacitación y certificación de habilidades.

Se establece la necesidad de desarrollar un programa de entrenamiento en planta para tener una mejora en las habilidades de los operarios, de modo que estos puedan realizar una variedad de operaciones cada vez mayor. La capacitación será llevada a cabo por los supervisores cada seis meses a partir de la fecha de entrada del colaborador y se realizará durante la ejecución práctica de las operaciones en la planta. Para tal efecto el supervisor llenará el formulario que se presenta en el Anexo 13, en el cual quedará constancia de las habilidades que tiene el colaborador e indicará también comentarios acerca de los planes de mejora para el siguiente período. Dichas evaluaciones o certificaciones de capacitación estarán archivadas en el file específico de cada empleado. Las capacitaciones son

entrenamiento en planta que no representan gasto adicional y se planea iniciar con ellas en el mes de agosto, una vez que se haya realizado la primera evaluación del desempeño

5.5.6 Evaluación del desempeño

Como se mencionó en la sección 5.3.3, se utilizará la evaluación semestral del desempeño como herramienta para incentivar en los colaboradores, un mayor compromiso y esfuerzo hacia la mejora continua. Se utilizará aquí el mismo formato y procedimiento enunciado en dicha sección. La realiza el jefe inmediato y luego debe ser revisada y aprobada por el superior respectivo. Una vez realizada, la evaluación será discutida con el colaborador evaluado y se le indicará los puntos de mejora y como se mencionó anteriormente, los resultados también se verán reflejados en los salarios, premios u otros beneficios a los colaboradores. La primera evaluación será en Junio de este año.

5.5.7 Automatización de operaciones

Dentro de los puntos importantes enunciados al inicio del capítulo en referencia al sistema de elementos de críticos, se estableció que todas las actividades de corte se convierten en una fuente potencia de error, debido a la posible variación que puede introducir el factor humano en este proceso, especialmente cuando se trata de cortes o formas especiales y difíciles.

Fue por eso que dentro de las actividades de análisis de los grupos focales se consideró las posibilidades de automatización de cortes especiales, lo cual fue aprobado por la Gerencia, y se procedió a adquirir una máquina de control numérico o CNC, que permite trasladar directamente de los planos, la información necesaria para realizar en

forma automática los cortes que se indiquen. La interacción humana disminuye sustancialmente, quedando a su cargo la alimentación del material y la vigilancia del trabajo realizado por la máquina, que se repetirá tantas veces sea necesario.

Las cotizaciones y especificaciones de la máquina seleccionada se presentan en el Anexo 14, así como las otras cotizaciones de otras máquinas similares que se tuvieron en consideración.

La máquina seleccionada es la cotización 3 y fue instalada recientemente y ya se han iniciado pruebas fabricando por ahora algunas partes que muy complejas para fabricarse manualmente. Las figuras 37, 38 y 39 ilustran la máquina y las pruebas realizadas

Figura 37. Maquina CNC



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 38. Máquina CNC



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 39. Elementos fabricados en la CNC



Fuente: Elaboración propia, 2020

5.5.8 Mejoramiento en sistemas para planeación y programación de la producción y del control de la calidad.

Los procesos de planeación y programación son realizados en este momento por la encargada de una forma totalmente manual, utilizando solamente el software de Excel. Como se ha propuesto que este puesto asuma una mayor participación en la supervisión de la calidad y de la producción en planta, es necesario entonces reducir el tiempo que se usa en trabajos manuales.

A partir de esto se ha discutido con el grupo Gerencial la propuesta de iniciar la implementación de una app que pueda ser fácilmente instalado en tabletas que se utilizarían en la oficina y en la planta de producción. Para ello se ha seleccionado el software Odoo, con los módulos de:

- CRM
- Manufactura
- Inventarios
- Calidad y
- Planning

La adquisición de módulos para cuatro usuarios implica una renta de \$72 mensuales. La figura 40 muestra el detalle de este costo de ese software, en forma mensual y anual. Algunas características y detalles de Odoo se presentan en el Anexo 15. Se establece para su implementación un período aproximado a 6 meses, esperando iniciar este proceso en el mes de agosto de este año, según se detallará en el cronograma de implementación.

Figura 40. Costos de renta Odoo



Fuente: Odoo Corporation, 2020

VALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Para la evaluación económica del proyecto se considera una inversión inicial de \$25.000, que corresponden a la compra, instalación y capacitación para el uso de la máquina automática de control numérico.

El ahorro esperado se estima, según acuerdo con la Gerencia, de procurar un ahorro del 75% del gasto generado anualmente por los errores de calidad, cuya cifra se estimó en 27.821.762 colones, lo que equivale a \$46.369. De este monto el 75% corresponde a \$34.777. A dicho ahorro deberá restarse \$14.000 anuales por la contratación del nuevo funcionario en el área de diseño, un estimado de \$1.000 anuales por diseño, impresión y

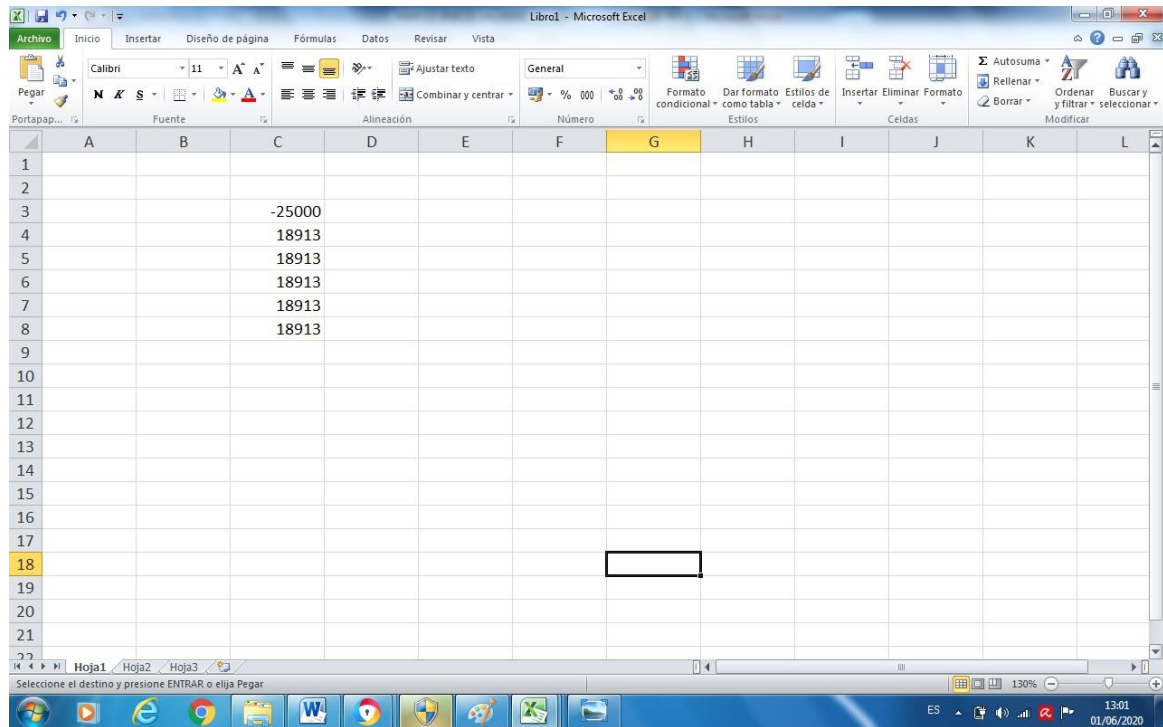
copias de formularios y también \$864 por la renta anual del software Odoo, quedando un ingreso neto anual de \$18.913.

Ahorro por errores de calidad evitados	\$34.777
- Contrato nuevo funcionario:	\$14.000
- Papelería impresión y copias	\$ 1.000
- Renta anual software Odoo	<u>\$ 864</u>
Ahorro neto anual	\$18.913
Inversión en maquinaria:	\$25.000

De este modo el flujo de ingresos y gastos del proyecto, en dólares, queda de la siguiente manera:

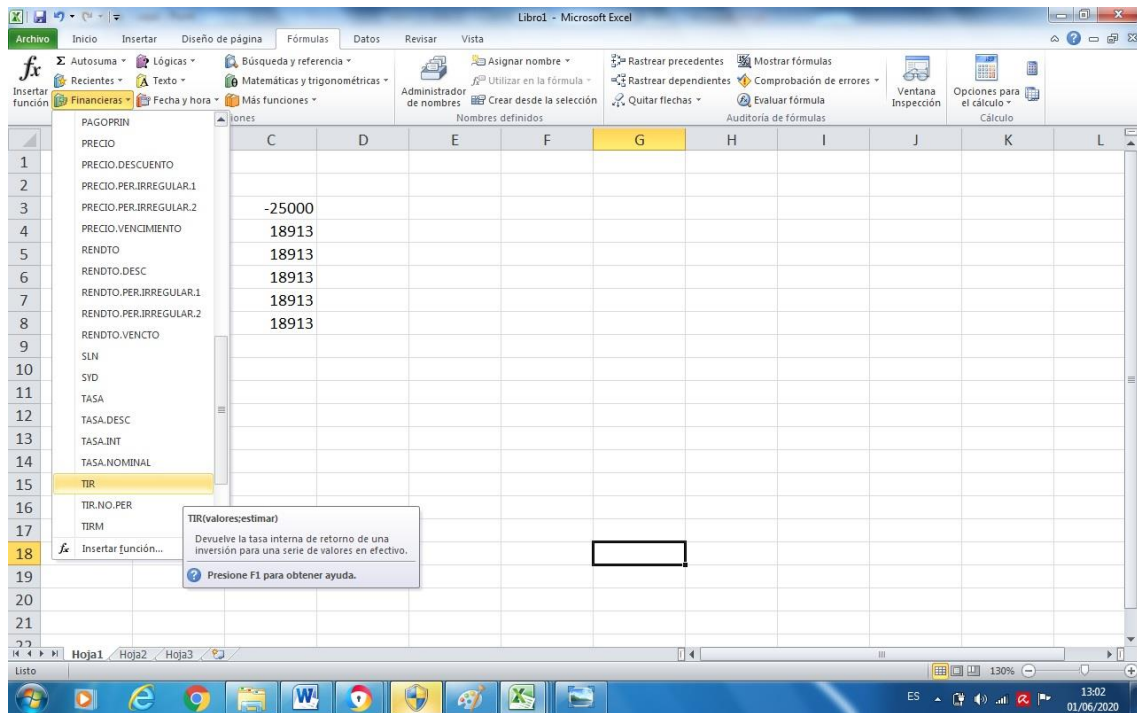
- Año 0 (inversión) -25.000
- Año 1 (ingresos) 18.913
- Año 1 (ingresos) 18.913
- Año 2 (ingresos) 18.913
- Año 3 (ingresos) 18.913
- Año 4 (ingresos) 18.913
- Año 5 (ingresos) 18.913

Con dicho flujo a cinco años se determina una tasa interna de retorno del 70% anual, como se muestra en las siguientes figuras 41, 42, 43 y 44.

Figura 41. Flujo de caja

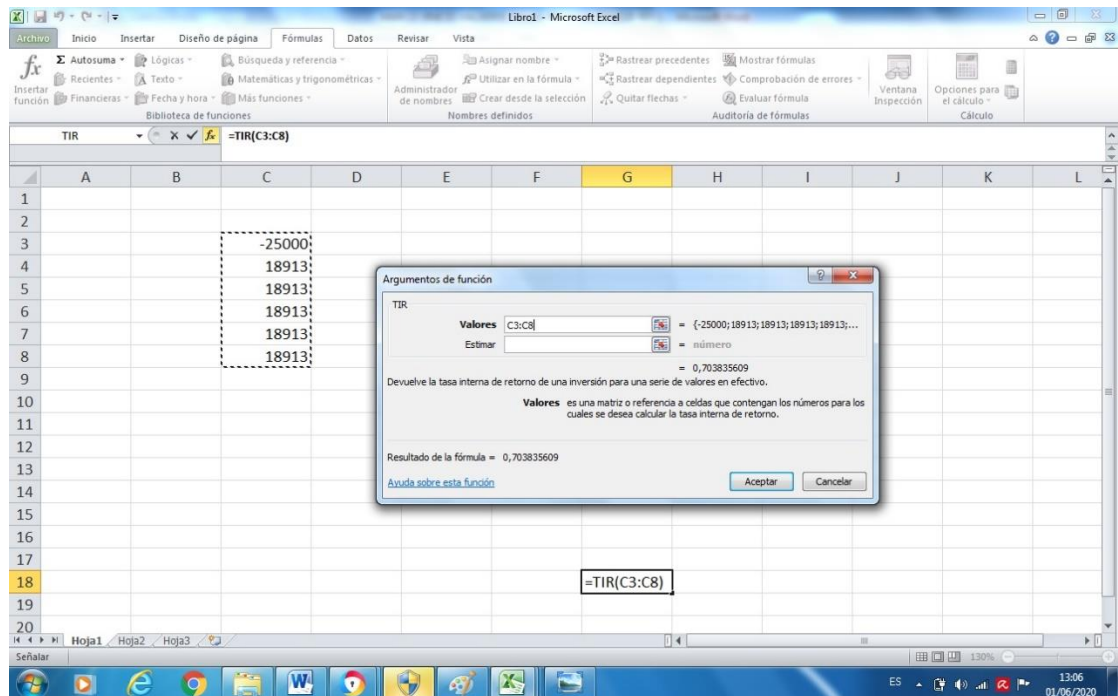
a, 2020

Figura 42. Selección fórmula TIR



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 43. Selección de rango para TIR



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 44. Cálculo del TIR

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2												
3			-25000									
4			18913									
5			18913									
6			18913									
7			18913									
8			18913									
9												
10		TIR	70%									
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												

Fuente: Elaboración propia, 2020

Por otra parte, se determina entonces un período de recuperación de la inversión de 1,3 años, aproximadamente 16 meses, según se muestra a continuación

$$\text{Período de recuperación} = \frac{\text{VP de la Inversión}}{\text{VP de los beneficios} - \text{VP de los desbeneficio}}$$

$$\text{Período de recuperación} = \frac{25.000}{34.777 - 15.864}$$

$$\text{Período de recuperación} = \frac{25.000}{18.913}$$

$$\text{Período de recuperación} = 1,32 \text{ años} = 16 \text{ meses}$$

Ambos factores, tanto la tasa interna de retorno como la recuperación de la inversión, se consideran sumamente positivos, por lo que esto avala la ejecución del proyecto.

5.6 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

Como se mencionó al inicio de este capítulo, el desarrollo de propuestas ha llevado en paralelo la puesta en marcha de muchas de ellas. Algunas, que son un poco más complicadas que requieren de un proceso de ejecución más cuidadoso

A continuación se presenta en la tabla 18 el estatus de cada una de las propuestas en lo que refiere al grado de avance de la implementación y posteriormente se presenta en la tabla 19 el cronograma planeado para la puesta en marcha de las mejoras que están pendientes.

Tabla 18. Estatus de implementación de las propuestas

ACTIVIDAD	GRADO DE AVANCE	ESTATUS	FECHA PARA EJECUCION DE ACTIVIDADES PENDIENTES
Mejoras en contratos de trabajo	0%	En espera de próximo contrato	Junio
Formulario para registro de cambios	100%	Terminado	
Reuniones de revisión de planos	0%	En espera de próximo contrato	Junio
Reforzamiento de personal área de diseño	100%	Terminado	
Aseguramiento de Calidad en diseño	100%	Terminado	
Evaluación del desempeño	50%	Evaluación lista se aplicará en Junio	Junio
Estandarización metodología para mediciones	100%	Terminado	
Registros de calibración	50%	Formularios listos	Julio
Planos de taller	100%	Terminado	
Metodología para traslado de la información al operar	100%	Terminado	
Asignación de funciones a operarios	100%	Terminado	
Elementos poka yoke	100%	Terminado	
Mejoras en la supervisión de planta	100%	Terminado	
Capacitación y certificación de habilidades	25%	Se aplicará luego de evaluación del desempeño	Agosto
Automatización de operaciones	100%	Terminado	
Mejoramiento en sistemas de programación	0%	Pendiente	Agosto

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 19. Cronograma de implementación de actividades pendientes

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION DE ACTIVIDADES PENDIENTES							
ACTIVIDAD	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
Mejoras en contratos de trabajo							
Reuniones de revisión de planos							
Evaluación del desempeño							
Registros de calibración							
Capacitación y certificación de habilidades							
Mejoramiento en sistemas de programación							

Fuente: Elaboración propia, 2020

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Habiendo ya realizado el análisis de causas que se presentó en el diagnóstico del capítulo cuatro y luego de elaborar en detalle las propuestas que se presentaron en detalle en el capítulo anterior, es pertinente enunciar las principales conclusiones a que se llegó luego de finalizado el estudio:

- El estudio de causas realizado hace llegar a la conclusión de que el problema de calidad enunciado, no puede determinarse una causa única o principal, sino que se trata de un problema multivariable, que requiere que se ataque simultáneamente muchas causas para buscar la solución.
- Las causas analizadas fueron agrupadas en 4 áreas, a saber; relaciones con el cliente, mediciones, diseño y operaciones. Cada una de estas áreas conlleva una serie de propuestas, que integradas, dan la solución al problema.
- El análisis y el desarrollo de las propuestas elaborado por el autor, fue acompañado por un grupo focal compuesto por el equipo ejecutivo de la empresa, quienes revisaron y avalaron las propuestas, de modo que las que fuera posible se pusieran en práctica de inmediato, a las veces que se estudiaba los planes para la posterior puesta en marcha que requirieran de un proceso de cambio más elaborado.
- Con respecto a la relación operativa con el cliente, se plantea necesario un mayor acercamiento con los encargados del proyecto de parte del cliente, de modo que estén claros todos los requerimientos de este, y se obtenga oportunamente una confirmación de medidas y la respectiva revisión de planos. Además de ello, debe

quedar claro en los contratos firmados con los clientes las fechas en que el proyecto es susceptible a cambios, y que luego de esa fecha, todo cambio va a implicar costos y tiempos de entrega adicionales a lo estipulado inicialmente.

- Se concluyó que, debido a la realización de proyectos en paralelo, a la recurrencia de los clientes en solicitar cambios y al grado de detalle que debe darse a producción, el área de diseño era un área que frecuentemente se convierte en cuello botella, por lo que la propuesta, ya puesta en marcha, enfatizó en la contratación de una segunda persona para esta actividad. También se determinó esta función como parte del sistema de elementos críticos, dado que un error aquí, genera atrasos y errores en producción, por lo que se enfatiza en el sistema de aseguramiento de la calidad, que los planos requieren de revisión detallada y exhaustiva, para dar el visto bueno antes de la entrada en producción.
- Para el proceso de mediciones se determinó prioritario el establecer una metodología estándar para realizarlo, acompañándolo con un checklist que garantice la ejecución correcta. Dentro de la metodología se incluye también un control cruzado de las mediciones para evitar errores y descuidos.
- Para el área de operaciones se hace énfasis en mejorar la supervisión y revisiones de calidad, involucrando en ello a la encargada de Planeación y Programación con dos recorridos diarios para revisión de partes y productos. También se incluye procedimientos para que la información llegue clara a los supervisores y operarios de planta, con planos aprobados, información adecuada, capacitación y elementos Poke Yoke que garanticen la ejecución correcta de los planes.

- También dentro del área de operaciones, resulta fundamental la inclusión de una máquina de corte computarizada (CNC), de modo que procesos difíciles de corte se puedan realizar en forma más segura y más rápida, reduciendo significativamente la posibilidad del error humano.
- Como apoyo al mejoramiento operativo se propone también la puesta en marcha de una app, que facilite la programación y la integración de las actividades desde la planeación de materiales, hasta la producción. Dentro del cronograma de actividades se incluyó los pasos para poner este plan en marcha.
- Finalmente, y no menos importante, resulta el poner en práctica la realización de una evaluación del desempeño, de modo que se busque la excelencia de todos los colaboradores, un mayor compromiso y una gestión más libre de errores y descuidos.
- Como resultado final de todos los cambios, se proyecta una tasa interna de retorno de proyecto es muy positiva, con un indicador de 70%. Además, la inversión realizada en la maquinaria automática, por un total de \$25000 con la instalación y capacitación incluida, se recupera en un total de 16 meses, lo cual se considera muy conveniente para la empresa.
- Del análisis de causas raíz fueron produciéndose soluciones y algunas de ellas han venido siendo implementadas en paralelo, para ponerlas en práctica lo más pronto posible. El resto de propuestas están integradas dentro del plan de implementación que se ejecutará en un plazo de 8 meses y cuya ejecución fue asignada por la Gerencia General a la encargada de Programación y Planeación de la empresa.

6.2 RECOMENDACIONES

Con base en el trabajo realizado durante este período de tiempo y considerando las observaciones realizadas, así como la interacción con el personal de la empresa, se considera conveniente presentar las siguientes recomendaciones.

- Dado que, en general, todos los proyectos son diferentes, no es posible establecer tiempos estándar para las operaciones de producción, ni tampoco para las de Diseño; sin embargo, es importante realizar registros de tiempos utilizados para cada producto, de modo que esta base de datos al menos sirva de referencia para la estimación de costos de proyectos futuros.
- En este tipo de negocios que se caracterizan por órdenes específicas de los clientes, es usual que existan cambios de última hora, premuras por el tiempo de entrega y otros factores que elevan el nivel de estrés del personal. Debido a lo anterior, además de la afectación individual, se da también problemas en la interacción entre el personal, generándose roces que pueden afectar el trabajo en equipo. Por ello es conveniente que se institucionalice el realizar periódicamente capacitaciones orientadas a manejo del estrés, trabajo en equipo, comunicación y otros factores relacionados.
- El desarrollo de personal clave y su empoderamiento hacia el liderazgo es fundamental para que las funciones y decisiones no se concentren únicamente en la Gerencia General, con la dificultad que esto trae desde el punto de vista de cuello de botella en toma de decisiones y actividad en la empresa.

- La encargada de Programación y Planeación es la responsable de mantener actualizados los procedimientos y reportes periódicos de calidad y de costos de calidad, pero es importante que la Gerencia General haga el debido seguimiento a estos registros, para que los mismos sean adecuadamente utilizados en la toma de decisiones.
- Dado que la empresa es relativamente pequeña, no es conveniente que el conocimiento o actividades claves se concentren en una sola persona, sino que se debe garantizar que toda función sea conocida por al menos dos personas, para evitar la dependencia de una sola, que ante una eventual enfermedad o salida provoque un hueco de conocimientos en la empresa. Por eso debe contarse con mecanismos de entrenamiento entre el personal para asegurar ese flujo de conocimientos.

BIBLIOGRAFÍA

Besterfield, D. (2009) *Control de Calidad*. 8a Ed. México: Pearson.

Montgomery, D y Runger, G. (2007). *Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería*. 2a Ed. México: Limusa.

Montgomery, D. (2007). *Control Estadístico de la Calidad*. 3a Ed. México: Limusa.

Feigenbaum, A. (2015). *Control Total de la Calidad*. 3a Ed. México: CECSA

Project Management Institute. (2017). *Project Management Body of Knowledge*. 6a Ed. USA: PMI

Heizer, J. y Render, B. (2010). *Administración de Operaciones*. 7a Ed. México: Pearson

Gutiérrez, H. (2014). *Calidad Total y Productividad*. 3a Ed. México: MC Graw Hill.

Blank, L. y Tarquin, A. (2016). *Ingeniería Económica*. 7a Ed. México: MC Graw Hill.

Pande, P.; Neuman, R. y Cavanagh, R. (2000). *The six-sigma way*. 1a Ed. Nueva York: MC Graw Hill.

Valverde, M. (2020). Muebles Valverde Custom Wood Products. Obtenido de Muebles Valverde: <http://www.mueblesvalverdecr.com/#home>

ANEXOS

**ANEXO 1. EJEMPLOS DE ERRORES DE CALIDAD EN
PROYECTOS EN MV VALVERDE, S.A. USADOS PARA
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

**ANEXO 2. REGISTRO DE ERRORES DE CALIDAD EN
PROYECTOS EN MV VALVERDE, S.A.**

ANEXO 3. LISTADO DE DEFECTOS – AÑO 2019

Errores registrados	
Cantidad de veces	Descripción
Roche	
1	Corrección de cafetín (medida sitio mal tomada)
1	Pérgola tucos, plano mal
1	Gradería error de arquitectos
2	Cambio dos veces de letras por formato de letra
5	TOTAL
Wolf	
1	Buque mas grande, sitio diferente (tarima)
1	Tambores con error por prueba de software corte 7 (4 tambores)
1	Piezas mal enchapadas por error en la indicación de dirección de veta (listas de corte, 10 piezas)
1	Puertas de closet principal no entran (medida mal)
1	Puerta de sauna recogida por el estabilizador (materia prima)
1	Sobraron dos cajones por no verificar planos de arqu y sitio (plano mal)
1	Faltó estructura para isla (plano mal)
2	Puertas de vitrina con huecos de tiradera mal (error de proveedor)
1	Hueco de ducto no calzó (plano mal)
1	Pérdida de un frente acabado (instaladores)
3	Muebles con falta de pincel (falta supervisión)
7	Piezas con errores en listas de corte (error de diseño)
0	Sobre de isla closet en material diferente (error de arquitectos)
1	Marco malo por ajuste (error operativo, falta de control de calidad)
1	Marco malo por error en mocheta en (sitio
2	Buques con medida diferente en sitio (culpa de sitio)
1	Puertas de closet sin hueco de bisagra
3	Piezas con tapeta suelta
1	Golpe en cajón de closet principal (marco)
1	Puerta de tablero con madera reventada
1	Marco de Wolf con pega suelta
1	Puerta rayada (rayas de clavo)
2	Puerta de baño y sauna sin huecos de casillas y llavín
35	TOTAL
Kader	
1	Puerta abombada por agua (gotera en el techo)
1	Marco de puerta acustica mal calibrado (error de operario)
2	Puertas peladas en acabados
5	Grada en dedales de puertas
3	Plano mal en puerta acustica, buque 10, 9, 2
3	Medidas de sitio mal tomadas en buques 7,5,10
1	Descuadre en puerta acustica
1	Corregir un marco (1,5cm) por error de constructora
3	Saltaron pegas en puertas
3	Primeras puertas con exceso de cemento en canto (error operativo)
1	Regruesar marcos corredizos por cambio en el diseño (culpa archi)
1	(error operario) Félix alistó mal madera aun teniendo información requerida
1	Canto visible de una puerta sin enmerular buque 5 (falta supervisión)
1	Golpe en esquina de una puerta (manipulación)
1	Corección de 2 puertas corredizas ya instaladas
1	Puerta mal cepillada en sitio
1	Puertas de pivotar sin encasillar
30	TOTAL

Coopeservidores	
1	Sitio diferente en panel columna
1	Reparación de panel columna mal hecha (error de operarios)
1	Clavos salidos en paneles
1	Acabado verde cuarteado (40m2)
1	Faltó una sisa en panel cafetería
1	Sisas descuadradas (mal lijado)
1	Fondos en paneles de caja pegados (dificultad para laquearlos)
1	No cerraron cortes 45 en sitio cafeterías
8	TOTAL
DHL Expres	
2	Medidas de sitio mal tomadas en paneles de cielos de cartón
1	Error en sisado de paneles de recepción
1	Canto mal acabado en panelería de cabinas telefónicas
1	Altura mal tomada en panelería de cabinas telefónicas
1	Cambio en el diseño de la cocina (arquitectos)
1	Ajustes de cocinas mal acabados (6 ajustes)
1	Cambio en diseño de bufetera
1	Dificultad para cerrar las esquinas en paneles de recepción
1	Error en cielo de sala reuniones por medida mal
1	Puertas golpeadas en sitio culpa de sitio
1	Error en acabado blanco, era satinado y se hizo brillante
1	Plano mal en panel de cielo cafetería cartón
13	TOTAL
Uber	
1	Corte de graderías por error de arquí en sitio
1	Mueble para servidores mal plano de arquitecto
1	Mismo mueble de servidores rayado a la hora del armado final
3	TOTAL
Varios	
1	Error de medida en sitio closet maria laura
1	Cenefa de maria laura laqueada al reves
1	Mueble reparación juan pablo cuarteado
1	Saltaron pegas en respaldo de daniela herrera
1	Paneles de tele cable se abrieron en las puntas
2	Mesas de Felipe tienda amarillentaron
1	Dificultad para entender información de puerta corrediza en tienda
3	Producto amarillento en toda la cocina (tres veces acabado) Inedit
1	Reparación de mueble daniela herrera cuarteado
1	Mueble de arturito recepción de cushman mal detallado en ebanistería
1	Cambios en isla de inedit por tubos atravesados donde no iban
1	No hicieron ajuste a mueble baño marco
15	TOTAL
Carlos Rodriguez	
1	No entraron estructuras ni paneles por escalera
1	Todas las alturas de sitio mal tomadas
1	Cliente agregó paneles en closet (adrian trajo medidas incorrectas de ese agregado)
1	Mocheta de frente de closet no calzó bien
3	Bombas en tres paneles
1	Bombas en puertas de madera
8	TOTAL

Bill Gosling	
1	Sisas no calzaron en páneles (medida de sitio mal tomada)
1	Anclajes se soltaron
1	Corrección en mueble de maternidad por medida mal tomada en sitio archi
1	Panelería de vicepresidente mal porque agregaron una mocheta en sitio
1	Producir una banca en extra rápido por no revisar bien los planos iniciales
5	TOTAL
Oracle	
1	Páneles rojos quedaron con burbujas basura por lo que requirieron re acabado
1	Poner panel extra en bancas por petición de arquitectos
2	TOTAL
QBO y Casa Cisneros	
QBO	
1	Cambiaron de ubicación los tubos en un baño
1	La refrigeradora no entró porque compraron otra
1	Panel extra en cocina
1	Vinera extra en cocina
1	Cambiar una puerta normal por una doble acción
1	Extra una banca de madera para tapar aire
1	Cambio en el mueble de tv para hacerlo más profundo
1	Faltó tapeta de un costado flotado en entrada (no entendieron plano)
1	Diferencia de tonos blancos en puertas de closet
1	Hacer un agregado a un estante por petición del cliente
1	Rodapié sobrante
11	TOTAL
Casa Cisneros	
1	Descuadres en cocina por mal ainstalación
1	Medidas malas en cocina, no entraron dos módulos
1	Error en medida de frentes y puertas por confusión en medida estándar
1	Re laqueado de cocina por acabado amarillento
1	Reposición de espejo en isla, lo quebró el maestro
3	Frentes de baño principal descuadrados
1	Rectificación de rodapié baño principal por error en plano nuestro
1	Error en bufetera debajo de panelería sala por no tomar el volumen de concreto existente
1	Mala instalación de páneles sala
1	Agregar marcos de espejos extra y se hizo en material incorrecto por orden de Adrián
1	Costado de bar por error en plano nuestro
1	Dificultad de laqueado por tipo de producto en mueble de bar
1	Error en un canto sin tapeta por plano nuestro
1	Buques con guarnición incorrecta (cantidad sin reporte) por toma de información mal en sitio
1	Barra de bar con acabado desquebrajado
1	Lavandería extra con melamina equivocada
1	Medidas de cenefas mal tomadas
	Extras
1	Rodapié sobrante
20	TOTAL
Accenture	
1	Corrección por cambio en diseño en cocina (arquitectos) no entro la refrigeradora
1	Faltaron 4 panelerías por no estar indicadas en planos de archi
1	Agregar puertas de paso a última hora
2	Apertura de puertas de cocina mal indicadas
1	Medidas de banca encuentro 1 no calzaban

ANEXO 4. COSTOS DE FALLAS INTERNAS Y EXTERNAS

Errores registrados CLIENTES	
Roche	
1	Gradería error de arquitectos
2	Cambio dos veces de letras por formato de letra
Wolf	
1	Buque mas grande, sitio diferente (tarima)
1	Sobre de isla closet en material diferente (error de arquitectos)
1	Marco malo por error en mocheta en sitio
2	Buques con medida diferente en sitio (culpa de sitio)
Kader	
1	Corregir un marco (1,5cm) por error de constructora
1	Regruesar marcos corredizos por cambio en el diseño (culpa arqu)
1	Corrección de 2 puertas corredizas ya instaladas
Coopeservidores	
1	Sitio diferente en panel columna
1	Reparación de rayón en sitio (culpa de cliente)
DHL Expres	
1	Cambio en el diseño de la cocina (arquitectos)
1	Cambio en diseño de bufetera
1	Puertas golpeadas en sitio culpa de sitio
Uber	
1	Corte de graderías por error de arquitecto en sitio
1	Mueble para servidores mal plano de arquitecto
Varios	
1	Cambios en isla de inedit por tubos atravesados donde no iban
Carlos Rodríguez	
1	Cliente agregó paneles en closet (adrian trajo medidas incorrectas de ese agregado)
Bill Gosling	
1	Corrección en mueble de maternidad por medida mal tomada en sitio arquitecto
1	Panelería de vicepresidente mal porque agregaron una mocheta en sitio
QBO y Casa Cisneros	
QBO	
1	Cambiaron de ubicación los tubos en un baño
1	La refrigeradora no entró porque compraron otra
1	Cambiar una puerta normal por una doble acción
1	Cambio en el mueble de tv para hacerlo más profundo
1	Hacer un agregado a un estante por petición del cliente
Casa	
1	Reposición de espejo en isla, lo quebró el maestro
1	Buques con guarnición incorrecta (cantidad sin reporte) por toma de información mal en sitio
Asamblea	
1	Golpe de sitio
Accenture	
1	Corrección por cambio en diseño en cocina (arquitectos) no entro la refri
1	Faltaron 4 panelerías por no estar indicadas en planos de arquitecto
1	Agregaron puertas de paso a última hora
2	Apertura de puertas de cocina mal indicadas
1	Agregaron una mocheta en sitio extra en panel 6
1	Corrección de paneles porque los mojaron en sitio

Registro en planta					
Horas Hombre	Costo MO	Costo material	Carga Fabril %	Costo oportunidad	Total
20	€ 60,000.00	€ -	€ 14,000.00	€ 30,000.00	€ 104,000.00
20	€ 60,000.00	€ 20,000.00	€ 14,000.00	€ 30,000.00	€ 124,000.00
	€ -	€ 2.00	€ -	€ -	€ 2.00
2	€ 6,000.00	€ 1,400.00	€ 3,000.00	€ 10,400.00	€ 10,400.00
6	€ 18,000.00	€ 24,000.00	€ 4,200.00	€ 9,000.00	€ 55,200.00
9	€ 27,000.00	€ 12,000.00	€ 6,300.00	€ 13,500.00	€ 58,800.00
9	€ 27,000.00	€ -	€ 6,300.00	€ 13,500.00	€ 46,800.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
6	€ 18,000.00	€ 12,000.00	€ 4,200.00	€ 9,000.00	€ 43,200.00
6	€ 18,000.00	€ 12,000.00	€ 4,200.00	€ 9,000.00	€ 43,200.00
80	€ 240,000.00	€ 10,000.00	€ 56,000.00	€ 120,000.00	€ 426,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
20	€ 60,000.00	€ -	€ 14,000.00	€ 30,000.00	€ 104,000.00
0	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
5	€ 15,000.00	€ -	€ 3,500.00	€ -	€ 18,500.00
5	€ 15,000.00	€ -	€ 3,500.00	€ -	€ 18,500.00
10	€ 30,000.00	€ 37,800.00	€ 7,000.00	€ 15,000.00	€ 89,800.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
20	€ 60,000.00	€ -	€ 14,000.00	€ 30,000.00	€ 104,000.00
16	€ 48,000.00	€ 35,000.00	€ 11,200.00	€ 24,000.00	€ 118,200.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
18	€ 54,000.00	€ 10,000.00	€ 12,600.00	€ 27,000.00	€ 103,600.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
6	€ 18,000.00	€ 16,000.00	€ 4,200.00	€ 9,000.00	€ 47,200.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
1	€ 3,000.00	€ -	€ 700.00	€ 1,500.00	€ 5,200.00
7	€ 21,000.00	€ -	€ 4,900.00	€ 10,500.00	€ 36,400.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
4	€ 12,000.00	€ 5,000.00	€ 2,800.00	€ 6,000.00	€ 25,800.00
4.5	€ 13,500.00	€ 5,000.00	€ 3,150.00	€ 6,750.00	€ 28,400.00
15	€ 45,000.00	€ 67,000.00	€ 10,500.00	€ 22,500.00	€ 145,000.00
25	€ 75,000.00	€ 100,000.00	€ 17,500.00	€ 37,500.00	€ 230,000.00
14	€ 42,000.00	€ 15,000.00	€ 9,800.00	€ 21,000.00	€ 87,800.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
0.3	€ 900.00	€ -	€ 210.00	€ 450.00	€ 1,560.00
700	€ 2,100,000.00	€ -	€ 490,000.00	€ 1,050,000.00	€ 3,640,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
0	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
30	€ 90,000.00	€ 60,000.00	€ 21,000.00	€ 45,000.00	€ 216,000.00
170	€ 510,000.00	€ 540,000.00	€ 119,000.00	€ 255,000.00	€ 1,424,000.00
156	€ 468,000.00	€ 936,000.00	€ 109,200.00	€ 234,000.00	€ 1,747,200.00
5	€ 15,000.00	€ -	€ 3,500.00	€ 7,500.00	€ 26,000.00
8	€ 24,000.00	€ 25,000.00	€ 5,600.00	€ 12,000.00	€ 66,600.00
14	€ 42,000.00	€ 19,600.00	€ 9,800.00	€ 21,000.00	€ 92,400.00
Total					€ 9,287,762.00

Errores registrados OPERATIVOS	
Wolf	
1	Pérdida de un frente acabado (instaladores)
3	Muebles con falta de pincel (falta supervisión)
1	Marco malo por ajuste (error operativo, falta de control de calidad)
1	Puertas de closet sin hueco de bisagra
1	Puerta rayada (rayas de clavo)
Kader	
1	Marco de puerta acústica mal calibrado (error de operario)
2	Puertas peladas en acabados
1	Descuadre en puerta acústica
3	Primeras puertas con exceso de cemento en canto (error operativo)
1	(error operativo) Félix alistó mal madera aun teniendo información requerida
1	Puerta mal cepillada en sitio
Coopeservidores	
1	Reparación de panel columna mal hecha (error de operarios)
1	Faltó una sisa en panel cafetería
1	Sisas descuadradas (mal lijado)
1	No cerraron cortes 45 en sitio cafeterías
DHL Expres	
1	Ajustes de cocinas mal acabados (6 ajustes)
Uber	
1	Mismo mueble de servidores rayado a la hora del armado final
Varios	
1	Cenefa de maría laura laqueada al revés
1	Mueble de arturito recepción de cushman mal detallado en ebanistería
1	No hicieron ajuste a mueble baño marco
QBO y Casa Cisneros	
QBO	
1	Faltó tapeta de un costado flotado en entrada (no entendieron plano)
Casa	
1	Descuadres en cocina por mala instalación
3	Frentes de baño principal descuadradas
1	Mala instalación de paneles sala
Asamblea	
1	Confusión de operario por planos diferentes

Registro en planta					
Horas Hombre	Costo MO	Costo material	Carga Fabril %	Costo oportunidad	Total
0	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
0.2	€ 600.00	€ 500.00	€ 140.00	€ 300.00	€ 1,540.00
7	€ 21,000.00	€ 12,000.00	€ 4,900.00	€ 10,500.00	€ 48,400.00
2.5	€ 7,500.00	€ -	€ 1,750.00	€ 3,750.00	€ 13,000.00
0.3	€ 900.00	€ -	€ 210.00	€ 450.00	€ 1,560.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
3	€ 9,000.00	€ 2,000.00	€ 2,100.00	€ 4,500.00	€ 17,600.00
18	€ 54,000.00	€ 237,000.00	€ 12,600.00	€ 27,000.00	€ 330,600.00
3	€ 9,000.00	€ -	€ 2,100.00	€ 4,500.00	€ 15,600.00
2	€ 6,000.00	€ -	€ 1,400.00	€ 3,000.00	€ 10,400.00
3	€ 9,000.00	€ 31,500.00	€ 2,100.00	€ 4,500.00	€ 47,100.00
6	€ 18,000.00	€ -	€ 4,200.00	€ 9,000.00	€ 31,200.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
6	€ 18,000.00	€ 7,000.00	€ 4,200.00	€ 9,000.00	€ 38,200.00
4	€ 12,000.00	€ 14,000.00	€ 2,800.00	€ 6,000.00	€ 34,800.00
0	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
10	€ 30,000.00	€ 14,000.00	€ 7,000.00	€ 15,000.00	€ 66,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
4	€ 12,000.00	€ 2,000.00	€ 2,800.00	€ 6,000.00	€ 22,800.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
4	€ 12,000.00	€ 2,200.00	€ 2,800.00	€ 6,000.00	€ 23,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
2	€ 6,000.00	€ 1,000.00	€ 1,400.00	€ 3,000.00	€ 11,400.00
15	€ 45,000.00	€ -	€ 10,500.00	€ 22,500.00	€ 78,000.00
3	€ 9,000.00	€ -	€ 2,100.00	€ 4,500.00	€ 15,600.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
2	€ 6,000.00	€ 500.00	€ 1,400.00	€ 3,000.00	€ 10,900.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
1110	€ 3,330,000.00	€ 504,000.00	€ 777,000.00	€ 1,665,000.00	€ 6,276,000.00
25	€ 75,000.00	€ 120,000.00	€ 17,500.00	€ 37,500.00	€ 250,000.00
500	€ 1,500,000.00	€ 700,000.00	€ 350,000.00	€ 750,000.00	€ 3,300,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
30.75	€ 92,250.00	€ -	€ 21,525.00	€ 46,125.00	€ 159,900.00
Total					€ 10,803,600.00

Errores registrados DISEÑOS	
Roche	
1	Pérgola tucos, plano mal
Wolf	
1	Tambores con error por prueba de software corte 7 (4 tambores)
1	Piezas mal enchapadas por error en la indicación de dirección de veta (listas de corte, 10 piezas)
1	Sobraron dos cajones por no verificar planos de arqu y sitio (plano mal)
1	Faltó estructura para isla (plano mal)
1	Hueco de ducto no calzó (plano mal)
7	Piezas con errores en listas de corte (error de diseño)
Kader	
3	Plano mal en puerta acústica, buque 10, 9, 2
Coopeservidores	
1	Fondos en paneles de caja pegados (dificultad para laquearlos)
DHL Expres	
1	Canto mal acabado en panelería de cabinas telefónicas
1	Plano mal en panel de cielo cafetería cartón
Varios	
1	Páneles de tele cable se abrieron en las puntas
Bill Gosling	
1	Producir una banca en extra rápido por no revisar bien los planos iniciales
QBO y Casa Cisneros	
Casa	
1	Rectificación de rodapié baño principal por error en plano nuestro
1	Costado de bar por error en plano nuestro
1	Error en un canto sin tapeta por plano nuestro
1	Lavandería extra con melamina equivocada

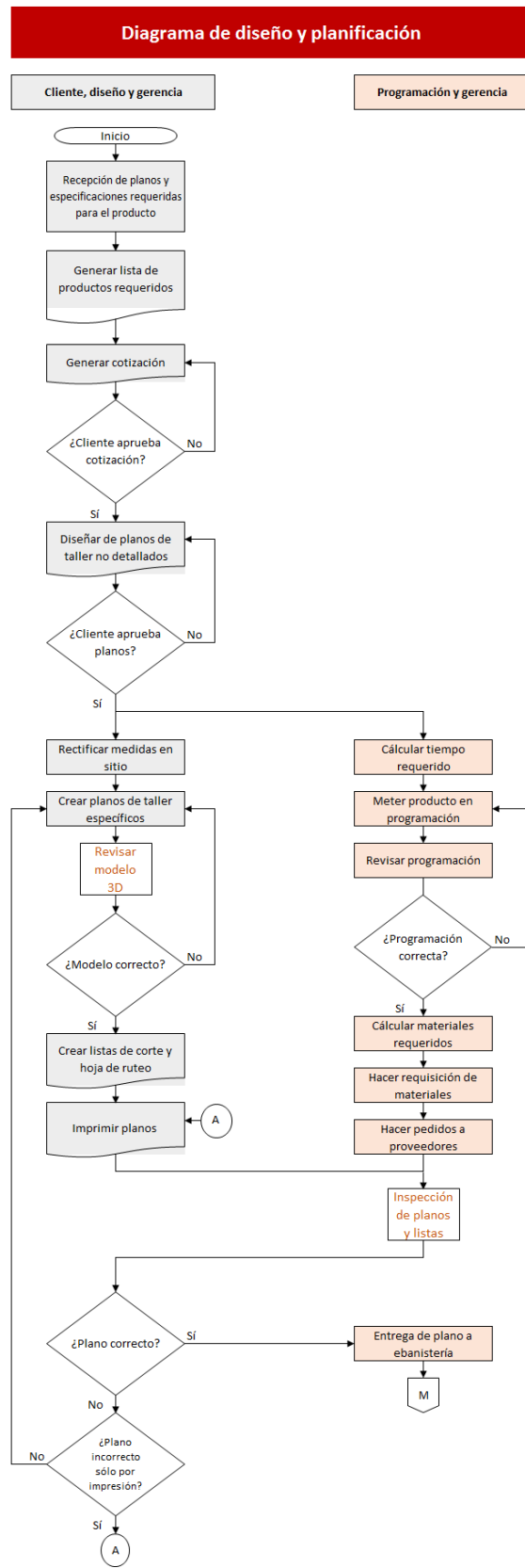
Registro en planta					
Horas Hombre	Costo MO	Costo material	Carga Fabril %	Costo oportunidad	Total
	€ -	€ -		€ -	€ -
25	€ 75,000.00	€ -	€ 17,500.00	€ 37,500.00	€ 130,000.00
	€ -	€ -		€ -	€ -
9	€ 27,000.00	€ -	€ 6,300.00	€ 13,500.00	€ 46,800.00
18	€ 54,000.00	€ 10,000.00	€ 12,600.00	€ 27,000.00	€ 103,600.00
10	€ 30,000.00	€ 200,000.00	€ 7,000.00	€ 15,000.00	€ 252,000.00
11	€ 33,000.00	€ 87,000.00	€ 7,700.00	€ 16,500.00	€ 144,200.00
5	€ 15,000.00	€ 15,000.00	€ 3,500.00	€ 7,500.00	€ 41,000.00
20	€ 60,000.00	€ -	€ 14,000.00	€ 30,000.00	€ 104,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
20	€ 60,000.00	€ 140,000.00	€ 14,000.00	€ 30,000.00	€ 244,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
10	€ 30,000.00	€ -	€ 7,000.00	€ 15,000.00	€ 52,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
5	€ 15,000.00	€ 5,000.00	€ 3,500.00	€ 7,500.00	€ 31,000.00
40	€ 120,000.00	€ 100,000.00	€ 28,000.00	€ 60,000.00	€ 308,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
80	€ 180,000.00	€ 140,000.00	€ 42,000.00	€ 90,000.00	€ 452,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
25	€ 75,000.00	€ -	€ 17,500.00	€ 37,500.00	€ 130,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
5	€ 15,000.00	€ 7,000.00	€ 3,500.00	€ 7,500.00	€ 33,000.00
5	€ 15,000.00	€ 17,000.00	€ 3,500.00	€ 7,500.00	€ 43,000.00
2	€ 6,000.00	€ -	€ 1,400.00	€ 3,000.00	€ 10,400.00
0	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Total					€ 2,125,000.00

Errores registrados MEDICIONES	
Roche	
1	Corrección de cafetín (medida sitio mal tomada)
	Error de medida en sitio closet maria laura
Kader	
3	Medidas de sitio mal tomadas en buques 7,5,10
DHL Expres	
2	Medidas de sitio mal tomadas en páneles de cielos de cartón
1	Altura mal tomada en panelería de cabinas telefónicas
1	Dificultad para cerrar las esquinas en páneles de recepción
1	Error en cielo de sala reuniones por medida mal
Varios	
1	Error de medida en sitio closet maria laura
1	Dificultad para entender información de puerta corrediza en tienda
Carlos Rodriguez	
1	No entraron estructuras ni paneles por escalera
1	Todas las alturas de sitio mal tomadas
1	Cliente agregó páneles en closet (adrian trajo medidas incorrectas de ese agregado)
Bill Gosling	
1	Sisas no calzaron en páneles (medida de sitio mal tomada)
QBO y Casa Cisneros	
QBO	
1	Rodapié sobrante
Casa	
1	Medidas malas en cocina, no entraron dos módulos
1	Error en bufetera debajo de panelería sala por no tomar el volumen de concreto existente
1	Agregaron marcos de espejos extra y se hizo en material incorrecto por orden de Adrián
1	Medidas de cenefas mal tomadas
1	Rodapié faltante
Accenture	
1	Medidas de banca encuentro 1 no calzaban

Registro en planta					
Horas Hombre	Costo MO	Costo material	Carga Fabril %	Costo oportunidad	Total
	€ -	€ -		€ -	€ -
12	€ 36,000.00	€ -	€ 8,400.00	€ 18,000.00	€ 62,400.00
40	€ 120,000.00	€ -	€ 28,000.00	€ 60,000.00	€ 208,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
200	€ 600,000.00	€ -	€ 140,000.00	€ 300,000.00	€ 1,040,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
70	€ 210,000.00	€ -	€ 49,000.00	€ 105,000.00	€ 364,000.00
4	€ 12,000.00	€ 20,000.00	€ 2,800.00	€ 6,000.00	€ 40,800.00
71	€ 213,000.00	€ 504,000.00	€ 49,700.00	€ 106,500.00	€ 873,200.00
60	€ 180,000.00	€ 150,000.00	€ 42,000.00	€ 90,000.00	€ 462,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
20	€ 60,000.00	€ -	€ 14,000.00	€ 30,000.00	€ 104,000.00
5	€ 15,000.00	€ -	€ 3,500.00	€ 7,500.00	€ 26,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
10	€ 30,000.00	€ -	€ 7,000.00	€ 15,000.00	€ 52,000.00
30	€ 90,000.00	€ 196,000.00	€ 21,000.00	€ 45,000.00	€ 352,000.00
12	€ 36,000.00	€ 18,000.00	€ 8,400.00	€ 18,000.00	€ 80,400.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
8	€ 24,000.00	€ 25,000.00	€ 5,600.00	€ 12,000.00	€ 66,600.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
20	€ 60,000.00	€ 250,000.00	€ 14,000.00	€ 30,000.00	€ 354,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
12	€ 36,000.00	€ -	€ 8,400.00	€ 18,000.00	€ 62,400.00
20	€ 60,000.00	€ -	€ 14,000.00	€ 30,000.00	€ 104,000.00
10	€ 30,000.00	€ -	€ 7,000.00	€ 15,000.00	€ 52,000.00
3	€ 9,000.00	€ -	€ 2,100.00	€ 4,500.00	€ 15,600.00
45	€ 135,000.00	€ 1,000,000.00	€ 31,500.00	€ 67,500.00	€ 1,234,000.00
	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
10	€ 30,000.00	€ -	€ 7,000.00	€ 15,000.00	€ 52,000.00
Total					€ 5,605,400.00

TOTAL GENERAL € 27,821,762.00

ANEXO 5. DIAGRAMAS DE PROCESO



Cantidad de Ingresos	Corte (ml)	Enchape (ml)	Tapeteo (ml)	Sisado (ml)	Cortes especiales (ml)
5	413	0	40	80	45
Alistar chapa	pre corte (ml)	Cantidad de inmenocione	Metros totales de paneleria		
0	413	6	100		

Panelerías Ebanistería

Alistado y corte de partes

Armado de partes

Unidades	Tiempo * unidad (min)	Total (min)
1	15	15
5	15	75
1	15	15

413	3.96	1635.48
-----	------	---------

0.00		0
0.00	40	0.00
0		0
413	3.96	1635.48

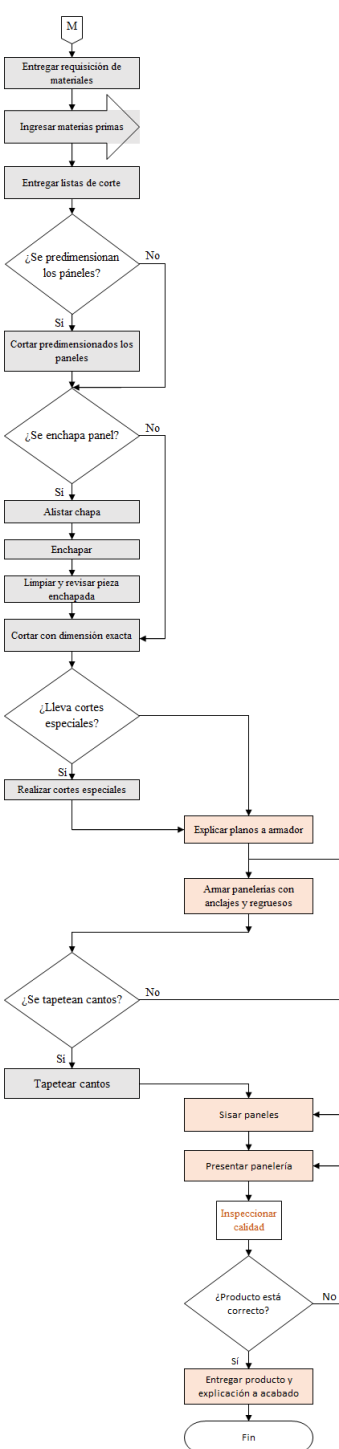
45	3	135
6	15	90
100		0

40	3.96	158.4
80		0
6		0

6		0
---	--	---

6		0
---	--	---

Total tiempo (min)	4804.36
Total tiempo horas	80.07267



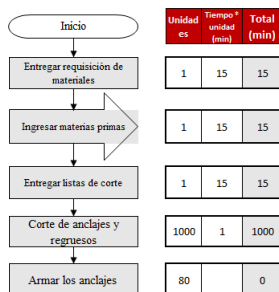
Sub ensamble Anclajes y reguesos

Corte (ml)
80

Alistado y corte de partes

Unidades	Tiempo * unidad (min)	Total (min)
1	15	15
1	15	15
1	15	15
1000	1	1000
80		0

17.42



Cantidad de Puertas	Cantidad de Ingresos	Tapeteo a mano	Tapeteo a máquina	Puertas de paso
Pegas				

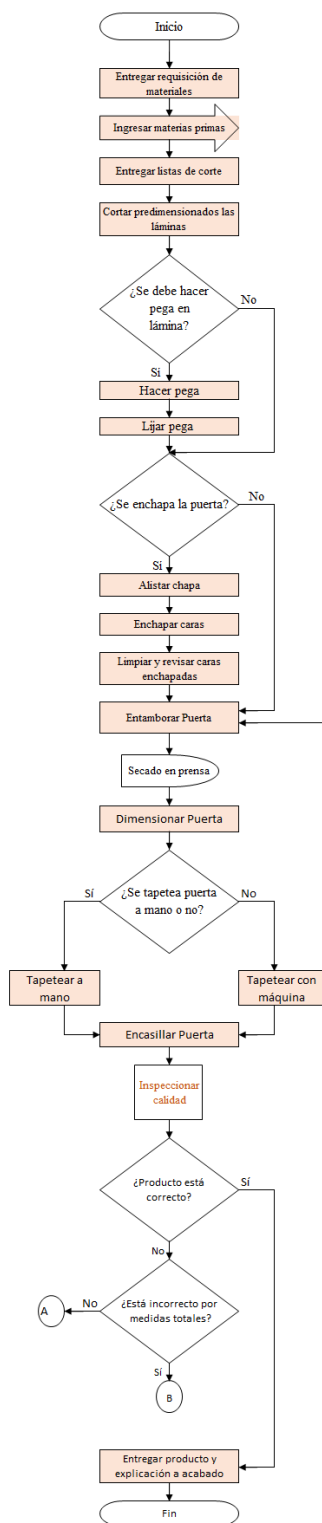
Tiempo * unidad (min)	Total (min)
15	15
	0
	0
	0

	0
	0

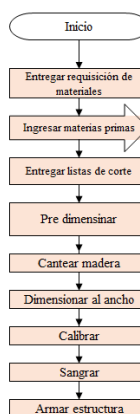
	0
	0
	0
	0
10	0

	0
	0
	0

	0
	45



Sub ensamble Estructuras	
--------------------------	--



Tiempo * unidad (min)	Total (min)
15	15
15	15
	0
	0
	0
	0
	0

	0
--	---

ANEXO 6. CANTIDADES PRODUCIDAS – AÑO 2019

Proyecto	Producto	Cantidad
QBO	Mueble de cocina	1
	Muebles de closet Principal	1
	Muebles de closet secundario	1
	Mueble de baño Principal	1
	Mueble de baño secundario	1
	Lavandería	1
	Closet de linos	1
	Metros lineales de rodapié	50
	Puertas y marcos de paso	5
	Mueble de tv	1
	Banca de teca jardín	1
	Estante para tv	1
	Panelearías (17,5m2)	1
	Cama	1
	Puerta de entrada principal	1
	Bandejas	2
	Total producido	70
Tienda Elemento Diseño	Mueble de recepción	1
	Estantes para repisas	1
	Mamparas	2
	Marcos y puertas de paso	5
	Mueble exhibidor	1
	Total producido	10
Roche	Booths	2
	Pérgolas cafetines	4
	Muebles de cafetines	4
	Mueble de cafetería	1
	Credenzas	3
	Pérgolas de pino	1
	Gradería	1
	Mueble de recepción	1

	Estanterías metálicas	9
	Pérgolas de cafetería	1
	Pérgolas de cafetería 2	1
	Panelería de recepción (18m2)	1
	Rótulo de recepción	1
	Puertas y marcos de paso	14
	Total producido	44
Uber	Mueble de recepción	1
	Gradería	1
	Pérgola	1
	Mueble de cocina	1
	Credenzas	2
	Puertas y marcos de paso	5
	Mueble de servidores	1
	Total producido	12
Accenture	Mueble de cocina	1
	Muebles para comedor	2
	Escritorio	1
	Mueble de baño	1
	Bancas	10
	Panelerías (290m2)	1
	Puertas y marcos de paso	12
	Puertas corredizas de panelería	2
	Total producido	30
Cisneros Gonzales	Mueble de cocina	1
	Mueble de baño principal	1
	Metro lineal de rodapié 20cm	55
	Metro lineal de rodapié 12,5cm	110
	Reparación de tres muebles de baño	3
	Puerta entrada principal	1
	Puertas y marcos de paso	21
	Pérgolas de baño y habitación	2
	Bufetera de entrada	1
	Paneles de entrada (m2)	1
	Mueble de biblioteca y bar	1
	Mueble de tocador	1

	Mueble de lavandería	1
	Reparación de bufetera 2 entrada	1
	Estantes para equipo de sonido en cocina-sala	1
	Mueble para tapar tubo en lavandería	1
	Tres puertas para marco debajo de pila en lavandería	1
	Closet de linos y puertas	1
	2 Marcos de espejo para baños	2
	Reacabado mueble de cuarto principal	1
	Marco TV reacabado	1
	Puerta closet extra con rejilla para equipos de sonido	1
	2 estantes flotantes para baño de Camila	2
	3 Buques con puertas de melamina Closets principales	3
	Bufetera extra chapa Alpi	1
	Un cajón aéreo con puertas extra para cocina	1
	1 Sobre para mesa de baño de visitas	1
	Muestra de tapa para ductos de ventilación	1
	15m rodapié blanco extra	15
	8m de rodapié para Lobby	8
	Pieza de teca para exteriores	0
	Total producido	241
DHL Express	Panelería de recepción (18m2)	1
	Panelería de salas telefónicas (7,15m2)	1
	Mueble de cocina	1
	Barra de comedor	1
	Panelería de cielo, sala conferencias (21m2)	1
	Panelerías de cartón, recepción y área de café (16m2)	1
	Mueble de área de café	1
	Barras para cabinas telefónicas	2
	Credenzas	4
	Sobre de recepción	1
	Total producido	14
Bill Gosling	Panelería de recepción (51m2)	1
	Panelerías de salas de reuniones (39m2)	1
	Mueble de comedor	1
	Barra de cuarzo comedor	1
	Mueble de maternidad	1

	Sobres de cuarzo para cabinas	2
	Bancas para cabinas telefónicas	2
	Total producido	9
Coopeservidores	Panelerías verdes (45m2)	1
	Panelerías Eucalipto (42m2)	1
	Total producido	2
Wolf	Mueble de cocina	1
	Mueble de lavandería	1
	Mueble TV Dormitorio principal	1
	Mueble TV Sala	1
	Muebles de baño	4
	Muebles de closet	8
	Bar de sala	1
	Bar Dormitorio Principal	1
	Puertas y marcos de paso	34
	Asiento para banca	1
	Total producido	53
Kader	Puertas de paso	26
	Páneles para puerta	15
	Panelería (6,5m2)	1
	Total producido	42
Oracle	Panelerías roja (7,9m2)	1
	Panelería natural (20m2)	1
	Banca	1
	Cubo de relleno	1
	Puerta y marco de paso	1
	Total producido	5
Telecable	Panelería (18m2)	1
	Puerta y marco de paso	1
	Mueble de baño	1
	Muebles de oficina	2
	Total producido	5
Varios	Mueble de closet	1
	Cocina Inedit	1
	Mueble de baño marco	1
	Recepción Cushman	1

	Total producido	4
Carlos Rodriguez	Panelería de sala (26m2)	1
	Puertas y marcos de paso	6
	Mueble de cocina	1
	Mueble de closet principal	1
	Mueble de baño	1
	Mesas de centro	3
	Reparación de sillas	2
	Total producido	15

ANEXO 7. NIVELES 6 SIGMA

Nivel Sigma	Defectos por millón	% de eficiencia
6 σ	3,4	99,99966%
5 σ	233	99,98%
4 σ	6.210	99,40%
3 σ	66.807	93,30%
2 σ	308.538	69,1%
1 σ	691.462	30,90%

**ANEXO 8. FORMULARIO PARA REGISTRO DE ERRORES,
CAUSAS Y LECCIONES APRENDIDAS**

ANEXO 9. FORMULARIO PARA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO LABORAL

Nombre: _____ **Departamento:** _____
Puesto: _____ **Fecha de ingreso:** _____
Evaluador: _____ **Fecha de evaluación:** _____

DESCRIPCION	CALIFICACION					Puntaje
	Muy bajo 1-2	Bajo 3-4	Moderado 5-6	Alto 7-8	Muy alto 9-10	
UTILIZACION DE RECURSOS: Utiliza materiales, equipo y herramientas con el cuidado necesario						
CALIDAD: Realiza el trabajo de acuerdo a los requerimientos establecidos						
EFICIENCIA: Cumple con la cantidad y eficiencia establecida para sus labores						
OPORTUNIDAD: Entrega el trabajo a tiempo, de acuerdo a la programación establecida						
CONOCIMIENTO DEL TRABAJO: Tiene y aplica las destrezas y los conocimientos necesarios para el cumplimiento de sus labores						
COMPROMISO: Sus comportamientos y actitudes demuestran interes y compromiso con la empresa. Demuestra sentido de pertenencia con esta y muestra valores adecuados						
INICIATIVA: Demuestra creatividad. Realiza propuestas de mejora o soluciones para los imprevistos que se presentan en el trabajo						
CONFIABILIDAD: Genera confianza y credibilidad en el manejo de información y en el desarrollo del trabajo						
COLABORACION: Cooperar con los compañeros en el desarrollo de las actividades cuando se le requiere						
RELACIONES INTERPERSONALES: Mantiene buenas relaciones interpersonales con compañeros de trabajo, contratistas y superiores						
COMENTARIOS:					PUNTAJE TOTAL	
FIRMA DEL EVALUADOR	VISTO BUENO JEFE INMEDIATO			FIRMA DEL COLABORADOR		

ANEXO 10. FORMATO PARA REGISTRO DE MEDICIONES

Constancia de rectificación de medidas										El equipo de medición fue revisado y las medidas tomadas por:	
		PROYECTO:									
		FECHA:									
		Tomar 3 puntos de cada una									
Producto	Unidades	Alto	Ancho	Profundidad	¿Tomo 3 puntos de cada una?	¿Hay diferencia?	¿Indicó dónde está el descuadre en plano?	¿Verificó ángulos y diagonales y plomo?	¿Medidas entran por acceso principal o escaleras?	¿La medida es con piso o sin piso?	
Banca N11-	cm										
Banca N11-	cm										
Banca N11-	cm										
Peéigola N11-	cm										
	cm										
¿Tuvo alguna imposibilidad de medir algún espacio? Indique porqué.											
Dudas, comentarios o aclaraciones:											

ANEXO 11. FORMATO PARA REGISTRO DE CALIBRACIONES



FORMULARIO PARA REGISTRO DE CALIBRACION

[illegible]

ANEXO 12. FORMATO PARA RECORRIDOS DE

[illegible]

ANEXO 13. CAPACITACION Y CERTIFICACION DE HABILIDADES



Certificado de Capacidad Óptima Operativa Ebanistería

Nombre _____ Puesto _____

Evaluador _____ Fecha de evaluación _____

Fecha de ingreso _____

Competencia	Descripción	Calificación				Comentarios
		25%	50%	75%	100%	
Planos	Comprende bien los planos					
	Comprende bien las listas de corte					
	Comprende las unidades numéricas					
	Puede fabricar plantillas de armado					
Destrezas	Lleva a cabo correctamente todas las operaciones de alistado de partes					
	Lleva a cabo correctamente todas las funciones de armado					
Materiales	Diferencia los materiales y su adecuado proceso					
Máquinas	Comprende como verificar las máquinas antes de usarlas para prevenir accidentes					
	Opera correctamente todas las máquinas					
	Comprende como voltear correctamente las máquinas para colocar puntos o ángulos					
	Comprende como cambiar cuchillas o discos correctamente					

Firma de Evaluador



Certificado de Capacidad Óptima Operativa Acabados

Nombre _____

Puesto _____

Evaluable _____

Fecha de evaluación _____

		Fecha de ingreso				
Competencia	Descripción	Calificación				Comentarios
		25%	50%	75%	100%	
Alistado en crudo	Comprende como limpiar excedentes de adhesivos o grasa con respectiva herramienta tanto a madera como enchapados					
	Comprende como empastar correctamente los defectos con merula con respectiva herramienta					
	Comprende como lijar correctamente todos los tipos de materiales sin pelar chapa o redondear filos					
	Comprende como quitar excedente de resanador a piezas resanadas					
	Sabe como resanar resanar una pieza tanto de madera como enchapada					
Tinte y fondeo	Comprende como aplicar los tintes correctamente y que todas las piezas queden con color homogéneo					
	Comprende como realizar las mezclas corectas para cada uno de los distintos colores del muestrario					
	Comprende como verificar el alistado de la pieza en caso de que deba devolverlas					
	Comprende como aplicar fondo lijable en todos los tipos de porosidad					
	Aplica el fondo lijable con la correcta dosificación sin gastar productos de más					
	Comprende como pulir a taco y cargar de fondo en caso de ser necesario					
	Comprende como verificar el alistado de la pieza en caso de que deba devolverlas					
Pulido	Comprende como pulir una pieza sin pelarla o ljarla a taco en caso de ser necesario					
	Comprende como detallar con pasta en caso de algún defecto mínimo en la pieza					
	Comprende como verificar el alistado de la pieza en caso de que deba devolverlas					
Acabado	Dominio de actividades de Alistado, tinte, fondeo y pulido					
	Capacidad de crear tonos					
	Lograr homogeneidad en los acabados					
	Conocer todos los materiales y su preparación					
	Capacidad de crear muestras					
	Dominar las técnicas para aplicar el material					
	Dominar técnicas para detallar u ocultar defectos					
	Dominio total de los procesos par detallar					
	Dominio de técnicas para simular vetas					
	Capacidad para la preparación de todo tipo de material para acabados					

ANEXO 14. COTIZACIONES CNC



COTIZACION 1

Proforma Cliente

073-2019

CLIENTE: Srs. Marco Valverde
2019

FECHA: 27 de Junio de

Toda la maquinaria es nueva e importada.

La maquinaria es marca



NOTAS:

1. Cualquier modificación implica un nuevo presupuesto.
2. El equipo incluye transporte dentro del área metropolitana (solo la entrega).
- 2b. Contamos con mecánico y electromecánico; pero nuestro taller de servicio se encuentra en Escazú por lo que garantías, reparaciones, cambios y/o devoluciones tienen que ser entregadas nuestra bodega en Escazú con transporte a cargo del comprador.

- 2c. si necesita transporte por alguna garantía tiene que ser cancelado con valor según la distancia a nuestra bodega, así mismo la entrega fuera del área metropolitana.
3. El tiempo de entrega a negociar.
4. Todas la imágenes son con carácter ilustrativo, los productos finales pueden variar
5. Esta cotización está sujeta al cambio del dólar, si esta varía considerablemente la misma no tiene validez.

Nos ponemos a sus órdenes para aclarar o ampliar cualquier información al respecto.

Atentamente;



Rolando Soto M.

F.C.M. Internacional S. A.

Tel. 8837-6869

A continuación presentamos nuestra oferta esperando poder servirle

Imágenes son con carácter ilustrativo

el producto final puede variar

➤ CNC FCM Industrial M2513.

Especificaciones:

- Voltaje: 220V, Monofásico, 60 Hz
- Área de trabajo: 130x250x20 cms
- Velocidad del eje: 6.000 a 18.000 rpm
- Velocidad de desplazamiento sin carga: 35m/min
- Velocidad de desplazamiento trabajando: 25m/min
- Precisión en vertical: 0.03mm
- Precisión en diagonal: 0.20mm
- Precisión de reposicionamiento: 0.02mm
- Precisión de trabajo de la máquina: 0.10mm
- Sistema de refrigeración: enfriado por aire
- Sistema de sujeción: mesa ranurada en T y succión por bomba
- Motor de paso Yako2811
- Sistema de Rack helicoidal y caja de piñones conectados por faja de hule
- Barra roscada Taiwán TBI
- Lubricación de bombeo manual con tubería de aluminio
- Partes eléctricas Schneider
- Sensor de proximidad Japonés OMRON
- Cable Alemán Siemens
- Soldadura para metales duros, templado y sanblastado
- Doble capa de pintura
- Cabezal de la maquina con aleación de aluminio de aviación
- Sistema de operación: Control DSP A11
- Compatible con sistemas operativos: .cam
- Peso aproximado: 1600Kg.



SUBTOTAL	IMP. VENTAS	TOTAL I.V.I
\$13.274,33	\$1.725,67	\$15.000,00

Imágenes son con carácter ilustrativo
el producto final puede variar

COTIZACION 2


M.F.M SRL desde 1982

Calle 054 LOMAS DEL SOL
CURRIDABAT 11801
Telefono 00506+22712864
Celular 00506 70110808
SAN JOSE - COSTA RICA

MAQUINARIA PARA MADERA S

PROFORMA
0076/2019

Firma/Comapny
Direccion/ addresss
E.MAIL
Numero Telefono
Numero fax
Atencion

MARCO VALVERDE
SANJOSE --- ASERRI

www.mfmsrl.net
mfmsrl@gmail.com

Estimados señores :

De seguido los datos para la orden de pedido acordad de :

Cantidad	Descripción	P.Unitario	P.Total Dolares
----------	-------------	------------	-----------------

Un

PANTOGRAFO CNC MODELO MA1325 CNC Router

MA1325 CNC Router
(DSP controller, HIWIN 20square guide rail,
3.0KW HSD air cooling spindle,
3.7KW Delta inverter, X, Y 1.25M rack,
new design steel tube machine body,
118 stepper motor and driver,
2811 YAKO driver, lubricating system,
T slot vacuum table)



PRECIO**16.240,00**

MONTAJE INCLUIDO
 CAPACITACION DE USO DE LA MAQUINA INCLUIDO
 JUEGO DE CUCHILLAS PARA PRODUCCION DE PUERTAS
 DE COCINA INCLUIDO MARCA LEISER
 12 FRESAS DE DIFERENTES DIAMETROS PARA CORTE
 INSTALACION ELECTRICA

ORIGEN : REP. OF CHINA

FABRICANTE : China Jinan Luer & Mingmei Machinery Manufacture Co., Ltd.

CONDICIONES.

La maquina se entrega en su fabrica, el training o capacitacion es acargo de nuestra empresa y lo dicta el Ing. CRISTIAN JIMENEZ, persona a la que ya se le ha dado una capacitacion con equipos CNC, con gran experiencia en equipos de alyta tecnologia esta persona es de san Ramon de Alajuela.

Hoy la tecnologia dicta el futuro, no se puede seguir con equipos y sistemas obsoletos que lo unico que genran son gastos fijos en grans planillas de obreros que no rinden en su trabajo, en grandes gastos de seguro social y bajo rendimiento, sin contar con las enormes perdidas de materiales debido a las equivocaciones en los cortes.

No olvidemos tampoco los nuevos elementos de ensamble de muebles MINI FIX.

ROUTER

Ver video : <https://www.youtube.com/watch?v=7zdxkurwTe0>
https://www.youtube.com/watch?v=RzH_zpdGZvk
<https://www.youtube.com/watch?v=xOuYcLRTmkQ>

PEGADORA DE CANTOS

<https://www.youtube.com/watch?v=qM9MEvtPie&feature=youtu.be>

TERMOFORMADORA AL VACIO

<https://www.youtube.com/watch?v=b4P867mNwIk&feature=youtu.be>

1 PEGADORADA DE CANTOS AUTOMATICA DE 7 FASES

MODELO MF50BQ MARCA ZICAR

Velocidad de avance 9 mts por minuto

Espesor de la chapa : 0,4 a 3 mm

Espesor del panel : 12 a 55 mm

Ancho minimo : 80

FUNSIONES : Encolado, pegado, recorte entrada y salida, repaso de bordes, raspado y limpiado de cola.

PANEL TOUCHSCREEN CNC PARA CALIBRADO DE LA MAQUINA

Edge Banding Machine


JAYA INTERNATIONAL CO. LTD.



MF50AQ







Model	MF50AQ	MF50CQ
Panel Length	Min. 120mm(PVC)	Min. 120mm(PVC)
Panel Width	Min. 80mm	Min. 80mm
Panel Thickness	12-55mm	12-55mm
Edge Thickness	0.4-3mm	0.4-3mm
Feeding Speed	9.3m/min	9.3m/min
Working Pressure	0.6Mpa	0.6Mpa
Net Weight	800kg	800kg
Motor Power	5.11kw	5.81kw
Overall Size	2600x730x1500mm	2600x730x1500mm

MF50CQ










High resolution touch panel (optional)
Easy control and maintain the machine
Problems of the machine are visible in the panel.



Glue pot
Advanced European style
Easy change and maintain



Flat Scraping
Remove glue threads
sensitive tape attach
Available as option "S"

NEW

www.jayacn.com
www.zicar.net
sales@jayacn.com

PRECIO

9.816,00

CARACTERÍSTICAS:

Maquina idea para la produccion de puertas , ya que tiene una capacidad de pegar cantos de hasta 3 mm de espesor.

Maquina completamente automatica, el trabajo queda limpio, perfecto no requiere de ningun y trabajo manual adicional.

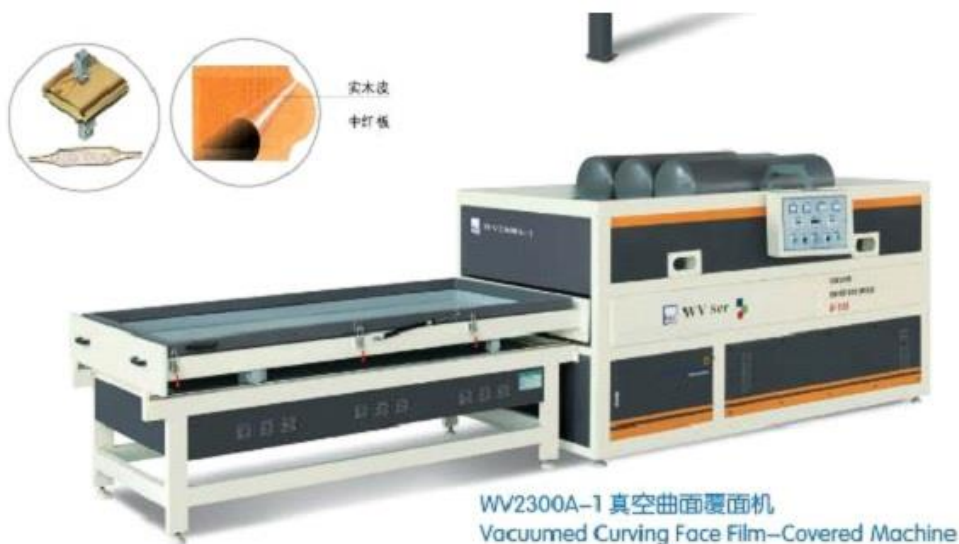
PANEL CNC para control de calibrado de toda la maquina, esto la hace super rapida cuando necesite cambiar el espesor del material o las caracterstcas del material asi lo necesite, sensor de espesor, esto permite el auto ajuste con base en las diferencias en los espesores de los paneles, que en COSTA RICA es muy frecuente, ya que nor-malmente los importadores compran productos de descuento, donde la constancia que vaira es el espesor.

1 TERMOFORMADORA PARA PANELES Y PUERTAS S

Maquina semi-automática para la producción de puertas y paneles termoformados Dimensiones utiles : 1100 X 2300 mm

Carga manual

Bomba de vacío de 5 HP



PRECIO 7.846,00

VALOR TOTAL EN SU FABRICA

33.902,00

I.VENTAS

4.407,26

GRAN VALOR TOTAL EN SU FABRICA

38.309,26

CONDICIONES DE PAGO

PAGO DEL 50% AL FIRMAR EL PEDIDO USD 19.154,63

Se debe hacer una transferencia a favor del fabricante por medio de pago interbancario

50% RESTANTE, al llegar las maquinas a COSTA RICA a favor de FRANCISCO MUNGUIA Cuenta del Banco de COSTA RICA Suc. De Palmares.

Con este pago se cancela el flete, los impuestos y otros gastos para el montaje de los equipos y pago de servicios a profesionales.

PLAZO DE ENTREGA : 60 dias al almacen fiscal en SAN JOSE

GARANTIA : 1 AÑO CONTRATADO DEFECTO MECANICO

DE FABRICACION

Por MFM Srl

Francisco Munguia

Ced. 105550630

COTIZACION 3

				
ROCTECH MACHINERY CO., LTD #88 Damiao Industrial Park, Shizhong District, Jinan, Shandong Province, P.R. China PROFORMA INVOICE INVOICE NO.: RCM170322 DATE :2019-10-07				
The Buyer:		The Seller:Roctech Machinery Co., LTD		
MV Valverde S.A Cédula jurídica: 3-101-672830 Teléfono: 2230-1241 compras@mueblesvalverdecr.com COSTA RICA		Tel:0086 53186086990 E-mail: cnc05@roc-tech.com		
No	COMMODITY AND SPECIFICATION	FOB PRICE (USD)	QUANTITY	TOTAL PRICE (USD)
FOB QINGDAO PORT. CHINA				
1	3-axis RC1325- S CNC Machining Center ♦ 1300mm x 2500mm x 250mm, ♦ Italian 6kw HSD ATC spindle, 24000RPM, ♦ 7,5 kw Taiwan Delta Inverter, ♦ Japanese Yaskawa Servo motors, ♦ Japanese Yaskawa Servo drivers, ♦ Kimpo Reducer, ♦ Taiwan SYNTEC 6MD control system, And Wireless hand wheel, ♦ Frame: Big Steel Tubes, ♦ Taiwan Hiwin linear Rail and Helical Rack Pinion for X, Y axis, ♦ Taiwan Hiwin linear rail and TBI ball screw for Z axis, ♦ Toolholders x 4pcs, Toolholder fork x 8 pcs ♦ Vacuum and T-slot combined table, ♦ Automatic Lubrication, ♦ Japanese Omron protection sensor,	14.268.-	1	14.268.-
♦ French Schneider Electronic parts				
TOTAL PRICE		ONLY: 14.268.-		
OUR MACHINE IS GUARANTEED FOR ONE YEAR				
PAYMENT: T/T IN ADVANCE 100% DEPOSIT PAYMENT AFTER SHIPPING				
DELIVERY TIME: 10 OCTUBRE 2019				
DEPARTUREPORT:QINGDAO PORT, CHINA				
BANK INFORMATION:				
BENEFICIERY BANK:				
SWIFT: CIBKCNBJ250				
China CITIC Bank, Jinan Branch				
ACCOUNT No.: 7372111497000000311				
Add: #88 Damiao Industrial Park, Shizhong District, Jinan, Shandong Province, P.R. China				



◆ Coordinate

G54		N0 L1		Coordinate		2013/12/6		12:31:24		
Machine X 0.000 Y 0.000 Z 0.000 C 0.000					Relative X 0.000 Y 0.000 Z 0.000 C 0.000					
					Absolute X 0.000 Y 0.000 Z 0.000 C 0.000					
					Dist. To Go X 0.000 Y 0.000 Z 0.000 C 0.000					
F mm/min 100 % 0.0 mm/min (Actual)		S RPM 100 % 1000 RPM (Actual)								
Run Time : :		PartCou 0		T						
					Ready		Auto		Alarm	
←		Coordinate		Program		Offset/Setting		Monitor		
		Maintain		→						

1.3.1 Explanation of Function

1.3.1.1 Coordinate Display

Current screen can display 4 kind of coordinate system.
 Whenever users press F1 [Switch Coordinate] function key, the coordinate on the screen will switch between four different kinds of coordinates.

1.3.1.2 F (Feedrate)

User input Feedrate (mm/min).
 Actual Feedrate of cutting tool (mm/min).
 Percentages of Feedrate

1.3.1.3 S (Rotating Speed of Spindle)

User input Spindle speed (RPM).
 Actual speed of spindle.
 Percentages of Spindle speed.

1.3.1.4 Run Time

Machining Duration.

1.3.1.5 Part counter

Number of parts that had been finished.

1.3.1.5 T (Tool No.)

Current Tool no. and Tool compensation no.

1.4 F2 Program

Machine X 0.000 Y 0.000 Z 0.000 C 0.000		Relative X 0.000 Y 0.000 Z 0.000 C 0.000	
		Absolute X 0.000 Y 0.000 Z 0.000 C 0.000	
		Dist. To Go X 0.000 Y 0.000 Z 0.000 C 0.000	
		F mm/min 100 % 0.0 mm/min (Actual)	
S RPM 100 % 1000 RPM (Actual)		Run Time : : PartCou 0 T	
Ready Auto Alarm			
Coordinate	Program	Offset/Setting	Monitor
Maintain		>>	

Operation Method

1. Users can use **[↑][↓][←][→]** on the key pad to move the cursor to anywhere on the screen for editing purpose.
2. With **[Page Up][Page Down]** to switch the pages.
3. With **[Home][End]** can let the cursor jump between the top and end of the line.
4. With the function key **[Prog/File]** can quickly switch between **[Program]** and **[File Manager]**.

G54	N0 L1	Program	2013/12/6	12:49:48
Edit Program Name: Line: 1 Column: 0				
Ready Auto Alarm				
Execute	Delete Line	Search/Replace	File Manager	Simulation
>>				

www.rvc-tech.com

5



CNC Router

1.4.1 F1 Execute

F2 Program → F1 Execute

Function:

Execute current program and also change the screen to **[Monitor]** page.

1.4.2 File Manager

F2 Program → F4 File Manager

G54	N0 L1	File Manager	2013/12/6	13:07:33
Disk C2: OpenCNC\NcFiles Free Space: 34548318KB				
Name	Size	Modified	Comment	
300x400d.cnc	2264	2013/10/29 13:13:10	%	
333.NC	32729	2013/10/24 05:17:04	"STAT"	
4444.NC	32697	2013/10/24 11:12:06	DYM=2	
cnc0xynew.asc	2114	2013/10/21 20:08:14	N10 G90	
Copy of cnc0xynew.asc	2114	2013/10/21 20:08:14	N10 G90	
xyw.asc	2172	2013/10/21 02:50:52	N10 G90	
xyt.asc	2171	2013/10/21 02:44:52	N10 G90	

ANEXO 15. DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE ODOO



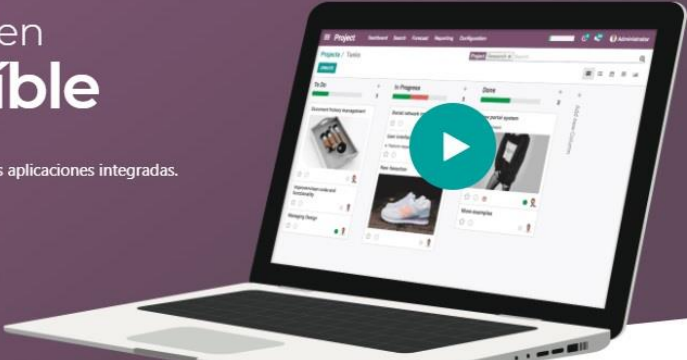
[APLICACIONES](#)
[TOUR](#)
[TARIFAS](#)
[APRENDE](#)
[COMUNIDAD](#)

[INICIAR SESIÓN](#)
[Pruébalo gratis](#)

Empleados increíbles merecen un software increíble

Odoo es el mejor software de gestión para llevar adelante una empresa. Millones de usuarios satisfechos trabajan de una mejor manera con nuestras aplicaciones integradas.

[Start Now - It's Free](#)
[Programar una demostración](#)





[APLICACIONES](#)
[TOUR](#)
[TARIFAS](#)
[APRENDE](#)
[COMUNIDAD](#)

[INICIAR SESIÓN](#)
[Pruébalo gratis](#)

Una necesidad, una app

AUMENTE SUS VENTAS





CRM
POS
Ventas

INTEGRE SUS SERVICIOS





Proyecto
Hoja de horas
Servicio de asistencia

OPTIMICE SUS OPERACIONES





Inventario
MRP
Compra

CONSTRUYA SITIOS WEB IMPACTANTES




Creador de sitios web
Comercio electrónico

GESTIONE SUS FINANZAS




Facturación
Contabilidad

EXPANDA EL ALCANCE DE SUS ESTRATEGIAS DE MERCADOTECNIA




Marketing electrónico
Automatización de

PERSONALICE Y DESARROLLE




Studio
odoo.sh

Apps de operaciones



Inventario



Hojas de horas



Proyecto



Compra



Servicio de asistencia



Documentos



Field Service

Aplicaciones de fabricación



MRP



PLM



MRP Maintenance



Calidad

odoo

APLICACIONES ▼

TOUR

TARIFAS

APRENDE

COMUNIDAD

INICIAR SESIÓN

[Pruébalo gratis](#)

El fin de las integraciones problemáticas.

Between the Odoo apps and the tens of thousands of Community apps, there is something to help address all of your business needs in a single, cost-effective and modular solution: no more work to get different technology cooperating. Odoo apps are perfectly integrated with each other, allowing you to fully automate your business processes and reap the savings and benefits.



"Hemos reemplazado 14 aplicaciones diferentes y hemos aumentado las ganancias en un 10% de la noche a la mañana."

— Marc Peeters, director general de la División de Ventas

sodexo

Una propuesta de valor exclusivo

Todo lo que necesita en una experiencia de usuario de primera categoría.

El **modelo de código abierto de Odoo** nos ha permitido aprovechar los conocimientos de miles de desarrolladores y expertos en el mundo empresarial para construir cientos de aplicaciones en solo unos años.

Con bases tecnológicas potentes, la estructura de Odoo es única. Ofrece **usabilidad de la más alta calidad en todas las aplicaciones**.

Las mejoras en usabilidad realizadas en Odoo se implementarán directamente en todas nuestras aplicaciones totalmente integradas.

De esa manera, Odoo evoluciona mucho más rápido que cualquier otra solución.



Precios de Odoo

Elija el número de usuarios

4 **Usuarios** ~~\$8.00 USD~~ **\$6.00 USD**/usuario/mes

Elija sus Aplicaciones

☒ CRM \$8.00 USD / mes	☐ Invoicing \$4.00 USD / mes	☐ Sales \$4.00 USD / mes
☐ Website \$8.00 USD / mes	☐ eCommerce \$4.00 USD / mes	☐ Point of Sale \$8.00 USD / mes
☐ Accounting \$8.00 USD / mes	☐ Project \$8.00 USD / mes	☒ Inventory \$12.00 USD / mes
☒ Manufacturing \$16.00 USD / mes	☐ Purchase \$4.00 USD / mes	☐ Timesheets \$4.00 USD / mes

Anualmente

Mensual

4 Usuarios	\$32.00 USD
Descuento para usuarios ⁽¹⁾	-\$8.00 USD
5 Aplicaciones	\$48.00 USD
Total / mes ⁽²⁾	\$72.00 USD

⁽²⁾ Facturado anualmente: **\$864.00 USD**

PRUEBE AHORA

Prueba gratuita de 15 días

COMPRE AHORA

⁽¹⁾ Los nuevos clientes obtienen un descuento en la cantidad inicial de usuarios adquiridos. (\$6.00 USD en

Anexo 16. PRESENTACIÓN DE SOFTWARE PROMOB





01

DESARROLLO DE SOFTWARE

Buscamos contribuir al crecimiento del mercado de muebles a través de inversiones constantes en tecnología de punta para desarrollar software que haga la experiencia del usuario más dinámica y productiva.

CLOUD COMPUTING

Somos pioneros en el campo del *cloud computing* o servicios en la nube. Mediante la plataforma Windows® Azure y nuestros servidores, manejamos más de 200 GB/día de actualizaciones vía web a través de PROMOB Update y PROMOB Downloader.

02



promob
software solutions

NOSOTROS

SOFTWARE PROMOB

SERVICIOS

DISTRIBUIDORES

PRODUCTOS

CONTACTO

+52 (33) 3641

DISEÑO



FABRICACIÓN



GESTIÓN



PLUGINS



03

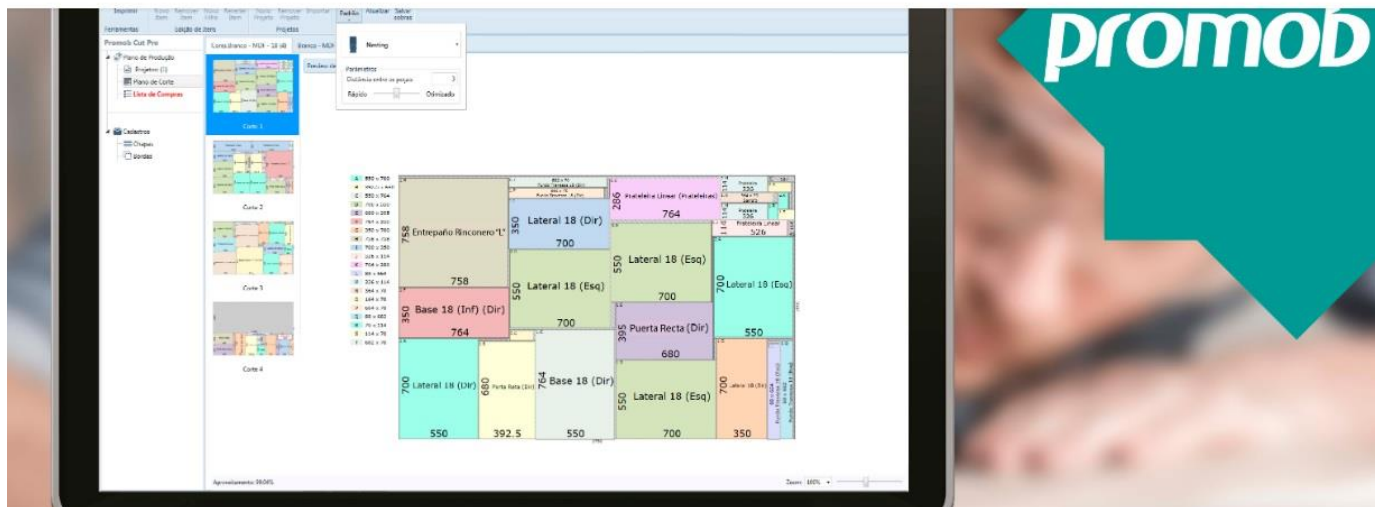
CERTIFICACIÓN MICROSOFT® PARTNERS

La Certificación de Partners de Microsoft®, emitida por Microsoft®, permite contar con un equipo de profesionales calificados, trabajando con lo mejor en herramientas de desarrollo de software.

promob
software solutions

+52 (33) 3641 5580

RECURSOS SOFTWARE PROMOB SERVICIOS DISTRIBUIDORES PROYECTOS CONTACTO



promob
software solutions

+52 (33) 3641 5580

Efectos adicionales

En el proceso de configuración puede insertar relieves en las texturas, los conos de luz, las imágenes de fondo, luz volumétrica y de ambiente externo, logrando imágenes más reales.

Niveles de renderizado

Promob Real Scene le permite seleccionar entre diferentes niveles de renderizado de acuerdo a sus necesidades: rápida, final y profesional.

Iluminación natural

Las ventanas permiten que la iluminación sea totalmente natural, inclusive simulando la entrada de rayos solares, como haces de luz, a través de aberturas. También existe la opción de incluir luz artificial cuando se necesaria.

**Anexo 17. DETALLE DE CALCULO DE FRECUENCIAS
PARA TABLAS 13, 14, 15 Y 16**

Errores registrados CLIENTES	
Kicohe	
1	Gradería error de arquitectos
2	Cambio dos veces de letras por formato de letra
Wolf	
1	Buque mas grande, sitio diferente (tarima)
1	Sobre de isla closet en material diferente (error de arquitectos)
1	Marco malo por error en moqueta en sitio
2	Buques con medida diferente en sitio (culpa de sitio)
Kader	
1	Corregir un marco (1,5cm) por error de constructora
1	Regruesar marcos corregidos por cambio en el diseño (culpa arquí)
1	Corección de 2 puertas corregidas ya instaladas
Coopeservidores	
1	Sitio diferente en panel columna
1	Reparación de rayón en sitio (culpa de cliente)
DHL Expres	
1	Cambio en el diseño de la cocina (arquitectos)
1	Cambio en diseño de bufetera
1	Puertas golpeadas en sitio culpa de sitio
Uber	
1	Corte de graderías por error de arquí en sitio
1	Mueble para servidores mal plano de arquitecto
Varios	
1	Cambios en isla de inedit por tubos atravesados donde no iban
Carlos Rodríguez	
1	Cliente agregó pánelos en closet (adrian trajo medidas incorrectas de ese agregado)
Hill Gosling	
1	Corrección en mueble de maternidad por medida mal tomada en sitio arquí
1	Panelería de vicepresidente mal porque agregaron una moqueta en sitio
UBO y Casa Cisneros	
QBO	
1	Cambiaron de ubicación los tubos en un baño
1	La refrigeradora no entró porque compraron otra
1	Cambiar una puerta normal por una doble acción
1	Cambio en el mueble de tv para hacerlo más profundo
1	Hacer un agregado a un estante por petición del cliente
Casa	
1	Reposición de espejo en isla, lo quebró el maestro
1	Buques con guarnición incorrecta (cantidad sin reporte) por toma de información mal en sitio
Asamblea	
1	Golpe de sitio
Accenture	
1	Corrección por cambio en diseño en cocina (arquitectos) no entro la refri
1	Faltaron 4 panelerías por no estar indicadas en planos de arquí
1	Agregaron puertas de paso a última hora
2	Apertura de puertas de cocina mal indicadas
1	Agregaron una moqueta en sitio extra en panel 6
1	Corrección de paneles porque los mojaron en sitio

Fuente	Frecuencia	Relativa	Relativa Acumulada
13 Cambios en producto ya instalado	12	32,43%	32,43%
8 Cambios en el sitio (constructora)	9	24,32%	56,76%
8 Cambios planos ya terminados en planta	8	21,62%	78,38%
6 Daños ya producto ya instalado	6	16,22%	94,59%
1 Agregados	2	5,41%	100,00%
Total	37		

Detalle para tabla 14

Errores registrados OPERATIVOS			
Wolf			
1	Pérdida de un frente acabado (instaladores)		
3	Muebles con falta de pincel (falta supervisión)		
1	Marco malo por ajuste (error operativo, falta de control de calidad)		
1	Puertas de closet sin hueco de bisagra		
1	Puerta rayada (rayas de clavo)		
Kader			
1	Marco de puerta acústica mal calibrado (error de operario)		
2	Puertas peladas en acabados		
1	Descuadre en puerta acústica		
3	Primeras puertas con exceso de cemento en canto (error operativo)		
1	(error operativo) Félix alistó mal madera aun teniendo información requerida		
1	Puerta mal cepillada en sitio		
Coopeservidores			
1	Reparación de panel columna mal hecha (error de operarios)		
1	Faltó una sisa en panel cafetería		
1	Sisas descuadradas (mal lijado)		
1	No cerraron cortes 45 en sitio cafeterías		
DHL Expres			
1	Ajustes de cocinas mal acabados (6 ajustes)		
Uber			
1	Mismo mueble de servidores rayado a la hora del armado final		
Varios			
1	Cenefa de maria laura laqueada al reves		
1	Mueble de arturito recepción de cushman mal detallado en ebanistería		
1	No hicieron ajuste a mueble baño marco		
QBO y Casa Cisneros			
QBO			
1	Faltó tapeta de un costado flotado en entrada (no entendieron plano)		
Casa			
1	Descuadres en cocina por mal ainstalación		
3	Frentes de baño principal descuadradas		
1	Mala instalación de paneles sala		
Asamblea			
1	Confusión de operario por planos diferentes		

Fuente	Frecuencia	Relativa	Relativa Acumulada
10 Omisiones de operarios	17	39,53%	39,53%
10 Falta de supervisión	12	27,91%	67,44%
9 Dificultad de producto	5	11,63%	79,07%
4 Operario no entendió	4	9,30%	88,37%
3 Falta de capacidad o habilidad	3	6,98%	95,35%
2 Deficiente explicación de supervisor	2	4,65%	100,00%
Total	43	100,00%	

32

Detalle para tabla 15

Errores registrados MEDICIONES			
Cantidad de veces	Descripción		
Roche			
1	Corrección de cafetín (medida sitio mal tomada)		
1	Error de medida en sitio closet maria laura		
Kader			
1	Medidas de sitio mal tomadas en buques 7,5,10		
DHL Expres			
1	Medidas de sitio mal tomadas en paneles de cielos de cartón		
1	Altura mal tomada en panelería de cabinas telefónicas		
1	Dificultad para cerrar las esquinas en paneles de recepción		
1	Error en cielo de sala reuniones por medida mal		
Varios			
1	Error de medida en sitio closet maria laura		
1	Dificultad para entender información de puerta corrediza en tienda		
Carlos Rodríguez			
1	No entraron estructuras ni paneles por escalera		
1	Todas las alturas de sitio mal tomadas		
1	Cliente agregó paneles en closet (adrian trajo medidas incorrectas de ese agregado)		
Bill Gosling			
1	Sisas no calzaron en paneles (medida de sitio mal tomada)		
QBO y Casa Cisneros			
QBO			
1	Flodapié sobran		
Casa			
1	Medidas malas en cocina, no entraron dos módulos		
1	Error en bufetera debajo de panelería a sala por no tomar el volumen de concreto existente		
1	Agregaron marcos de espejos extra y se hizo en material incorrecto por orden de Adrián		
1	Medidas de cenefas mal tomadas		
1	Flodapié faltante		
Accenture			
1	Medidas de banca encuentro 1 no calzaban		

Fuente	Frecuencia	Relativa	Relativa Acumulada
12 Medir mal	12	50,00%	50,00%
7 Omisión de no medir	7	29,17%	79,17%
3 Otros	3	12,50%	91,67%
1 Falta de información importante de saber	1	4,17%	95,83%
1 Imposibilidad de medir todo	1	4,17%	100,00%
1 Falta de capacidad	0	0,00%	100,00%
Total	24		

22

Detalle para tabla 16

Errores registrados DISEÑOS			
Roche			
1	Pérgola tucos, plano mal		
Wolf			
1	Tambores con error por prueba de software corte 7 (4 tambores)		
1	Piezas mal enchapadas por error en la indicación de dirección de veta (listas de corte, 10 piezas)		
1	Sobraron dos cajones por no verificar planos de arqu y sitio (plano mal)		
1	Faltó estructura para isla (plano mal)		
1	Hueco de ducto no calzó (plano mal)		
7	Piezas con errores en listas de corte (error de diseño)		
Kader			
3	Plano mal en puerta acústica, buque 10, 9, 2		
Coopereservidores			
1	Fondos en paneles de caja pegados (dificultad para laquearlos)		
DHL Expres			
1	Canto mal acabado en panelería de cabinas telefónicas		
1	Plano mal en panel de cielo cafeteria cartón		
Varios			
1	Páneles de tele cable se abrieron en las puntas		
Bill Gosling			
1	Producir una banca en extra rápido por no revisar bien los planos iniciales		
QBO y Casa Cisneros			
Casa			
1	Rectificación de rodapié baño principal por error en plano nuestro		
1	Costado de bar por error en plano nuestro		
1	Error en un canto sin tapeta por plano nuestro		
1	Lavandería extra con melamina equivocada		

Fuente	Frecuencia	Relativa	Relativa Acumulada
21	Plano o lista mal por omisión	21	80,77%
4	Mal diseño	4	15,38%
1	Falta información	1	3,85%
		0,00%	100,00%
		0,00%	100,00%
		0,00%	100,00%
Total	26		