

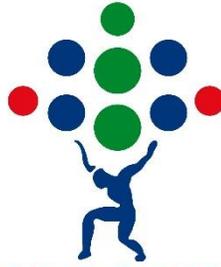
**UNIVERSIDAD PRIVADA
DOMINGO SAVIO**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROYECTO DE GRADO**

**PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA
LEAN SIX SIGMA PARA REDUCIR
DEFECTOS EN LA PRODUCCIÓN DE
PISOS CERÁMICOS EN LA EMPRESA
CERÁMICA RAFAELA S.R.L.**

Rolando Soto Garcia

**Santa Cruz de la Sierra – Bolivia
2022**



**UNIVERSIDAD PRIVADA
DOMINGO SAVIO**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROYECTO DE GRADO**

**PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA
LEAN SIX SIGMA PARA REDUCIR
DEFECTOS EN LA PRODUCCIÓN DE
PISOS CERÁMICOS EN LA EMPRESA
CERÁMICA RAFAELA S.R.L.**

Rolando Soto Garcia

**Proyecto de grado para optar el grado de
licenciatura en Ingeniería Industrial**

**Santa Cruz de la Sierra – Bolivia
2022**

DEDICATORIA A:

Dios

Por su inmensa misericordia y por haberme dado fuerza para concluir mis estudios y por haberme permitido llegar hasta este punto de la carrera.

Mi Madre

Por el soporte que siempre me brindó, por enseñarme a perseverar y nunca rendirme, aunque las cosas fueran de mal en peor; y más que todo por su ejemplo.

A mi querido Padre

Que desde el cielo me observa y me protege.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por permitirme vivir esta maravillosa experiencia.

La Universidad Privada Domingo Savio (UPDS)

Especialmente a todos los docentes que fueron partícipes de mi formación académica.

La empresa CERÁMICA RAFAELA S.R.L.

Especialmente a los(as) ingenieros(as) del área de producción por brindarme la información necesaria para poder realizar el presente proyecto de grado.

ABSTRACT

TÍTULO: Propuesta de la Metodología *Lean Six Sigma* para reducir defectos en la producción de pisos cerámicos en la empresa Cerámica Rafaela S.R.L.

AUTOR: Rolando Soto Garcia

PROBLEMÁTICA

Existen actividades dentro del proceso que tiene variabilidad. Existen baldosas que regresan al reproceso generando un costo por reproceso. Existen baldosas clasificadas como segunda calidad que tiene un precio inferior de venta.

OBJETIVO GENERAL

Proponer la implementación de la metodología *Lean Six Sigma* para reducir defectos en el área de producción de pisos en la empresa Cerámica Rafaela S.R.L.

CONTENIDO

El presente trabajo se divide en siete capítulos. En el capítulo I se presenta la introducción del proyecto, en el capítulo II se realiza el marco teórico, en el capítulo III se explica el marco metodológico, en el capítulo IV se describe y analiza al sistema productivo, en el capítulo V se la planifica las actividades para la implementación de la metodología, en el capítulo VI se adapta formatos de plantillas para el uso durante la implementación, en el capítulo VII se realiza un análisis costo beneficio. Culminando con las conclusiones y recomendaciones sobre el tema de estudio.

Carrera : Ingeniería Industrial

Profesor Guía : Ing. Julio Cardozo

Periodo de Investigación : marzo 2022 a julio de 2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2.1. Esquema del Problema	6
1.2.2. Esquema de Objetivos	7
1.3. JUSTIFICACIÓN	8
1.3.1. Justificación Práctica	8
1.3.2. Justificación Metodológica.....	8
1.3.3. Justificación Económica	8
1.4. OBJETIVOS	9
1.4.1. Objetivo General.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos	9
1.5. ALCANCE	9
1.5.1. Alcance Temático	9
1.5.2. Alcance Temporal.....	9
1.5.3. Alcance Espacial (Geográfico)	10
1.6. METODOLOGÍA	10
1.6.1. Método de Análisis	10
1.6.2. Método Deductivo.....	10
1.6.3. Método Objetivo	10
1.6.4. Metodología Cuantitativa.....	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	12
2.1. DEFECTOS EN LA CERÁMICA PLANA.....	12
2.1.1. Contaminación de Arcilla.....	12
2.1.3. Contaminación de Esmalte.....	12
2.1.4. Grumo	13
2.1.5. Contaminación de Aceite.....	13
2.1.6. Pinchado	13
2.1.7. Fisura	13
2.1.8. Despuntado	13
2.1.9. Diferencia de Tamaños	13
2.1.10. Descuadre	14
2.1.11. Luneta	14
2.1.12. Acuñaamiento	14
2.2. CONCEPTOS IMPORTANTES DE ESTADÍSTICA.....	14
2.2.1. Medidas de Tendencia Central.....	14
2.2.2. Medidas de Dispersión	15
2.2.3. Medidas de Forma.....	15
2.3. CARTAS DE CONTROL.....	16
2.3.1. Cartas de Control para Atributos	16
2.3.2. Cartas de Control para Variables	16
2.4. ÍNDICE DE CAPACIDAD	17
2.4.1. Índice C_p	17
2.4.2. Índice C_{pk}	17

2.4.3.	Índice K	17
2.4.4.	Índice P_p	17
2.4.5.	Índice P_{pk}	18
2.4.6.	Índice Z	18
2.4.7.	Oportunidad de error	18
2.4.8.	Índice DPU (defectos por unidad).....	18
2.4.9.	Índice DPO	18
2.5.	MEJORA CONTINUA	18
2.5.1.	Las 5S	19
2.5.2.	SMED	19
2.5.3.	Estandarizacion	19
2.5.4.	Control Visual	19
2.5.6.	Heijunka	19
2.5.7.	Sistemas Poka-yoke.....	19
2.5.8.	Diagrama de Pareto	20
2.5.9.	Estratificacion	20
2.5.10.	Hoja de Verificación.....	20
2.5.11.	Diagrama de Ishikawa	20
2.5.12.	Lluvia de Ideas	21
2.5.13.	Diagrama de Dispersión	21
2.5.14.	Diagrama PEPSU	21
2.5.15.	Despliegue de la Función de Calidad	21
2.6.	TIPOS DE EVENTOS DE CAPACITACIÓN	22
2.6.1.	Seminario	22

2.6.2. Taller	22
2.6.3. Tutoría Virtual.....	22
2.6.4. Plantillas Elearning.....	22

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO	23
3.1. METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	23
3.1.1. Fase Definir	23
3.1.2. Fase Medir	24
3.1.3. Fase Analizar	24
3.1.4. Fase Mejorar	25
3.1.5. Fase Controlar.....	25
3.2. ACTORES Y ROLES EN <i>SIX SIGMA</i>	25
3.3. PRINCIPIOS DE <i>SIX SIGMA</i>	26
3.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS Y DETERMINACIÓN DEL NIVEL SIGMA ...	29
3.4.2. Determinación del Nivel Sigma	29

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO	30
4.1. DESCRIPCIÓN EXTERNA DE LA EMPRESA	30
4.2. DESCRIPCIÓN INTERNA DE LA EMPRESA.....	31
4.2.1. Historia	31
4.2.2. Filosofía de la empresa	31
4.2.3. Organigrama de la empresa	32
4.2.4. Esquema del Proceso Productivo.....	33

4.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	37
4.3.1.	Recepción de la materia prima.....	39
4.3.2.	Dosificación y molienda.....	39
4.3.3.	Tamizado y almacenamiento de la Barbotina.....	39
4.3.4.	Atomizado	40
4.3.5.	Prensado	41
4.3.6.	Secado	41
4.3.7.	Línea de esmalte y diseño.....	42
4.3.8.	Cocción	43
4.3.9.	Clasificación y paletizado	45
4.4.	DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD	45
4.4.1.	Descripción del control de calidad durante el proceso	46
4.5.	LÍNEAS DE PRODUCTOS QUE PRODUCE LA EMPRESA CERÁMICA RAFAELA S.R.L.....	53
4.6.	DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO	55
4.6.1.	Análisis de los parámetros de control de tipo continuo en el proceso de producción.....	56
4.6.2.	Análisis de las Especificaciones de Producto Terminado.....	69
4.6.3.	Análisis de las variables de tipo cuantitativo discreto en el proceso de producción.....	72
4.7.	CONCLUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO	77

CAPÍTULO V

PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE

LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA* 78

5.1.	CUADRO DE MANDO INTEGRAL (CMI) PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	78
5.2.	PLANIFICACIÓN PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LA PERSPECTIVA APRENDIZAJE Y COMUNICACIÓN	81
5.2.1.	Recursos Humanos	81
5.2.2.	Competencias Estratégicas del Capital Humano (Know-How)	88
5.3.	RECURSOS MATERIALES	88
5.3.1.	La infraestructura.....	88
5.3.2.	Equipos Mobiliarios para la Capacitación.....	88

CAPÍTULO VI

DESARROLLO Y ADAPTACIÓN DE PLANTILLAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA* 90

6.1.	FASE CERO DE LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	91
6.1.1.	Planillas para el Antes de la capacitación	91
6.1.2.	Planillas a Utilizar Durante y Después de la Capacitación	92
6.2.	FASE DEFINIR DE LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	93
6.2.1.	Plantilla de Matriz de Priorización de Proyectos.....	93
6.2.2.	Plantilla de clarificación del problema.....	94
6.2.3.	Plantilla de diagrama SIPOC	95
6.2.4.	Plantillas de características críticas de calidad.....	96
6.2.5.	Plantillas de Series de Tiempo-Línea Base.....	96

6.2.6.	Plantilla de Diagrama de Pareto.....	97
6.2.7.	Plantillas de los Objetivos SMART del Proyecto	98
6.2.8.	Plantilla de Beneficios Esperados	98
6.2.9.	Plantilla de Identificación del Proyecto	99
6.2.10.	Plantilla de miembros del equipo de trabajo.....	100
6.2.11.	Plantilla de Diagrama Gantt.....	100
6.2.12.	Plantilla de plan de comunicación	101
6.2.13.	Plantillas de Recursos para el Proyecto	101
6.2.14.	Plantilla de A3 definir del proyecto	102
6.3.	FASE MEDIR DE LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	103
6.3.1.	Plantillas para Validación del Sistema de Medición Continuo	103
6.3.2.	Plantillas para Validación del Sistema de Medición Discreto	104
6.3.3.	Plantillas para Medir la Variable Estudiada	106
6.3.4.	Plantillas de Diagrama de Funciones Cruzadas	106
6.3.5.	Plantillas de Métricos de Desempeño	107
6.3.6.	Plantilla de plan de muestreo para datos cualitativos.....	108
6.3.11.	Plantilla de grafico de serie de tiempo.....	112
6.3.12.	Plantillas de Valor Añadido.....	113
6.3.15.	Plantilla A3 Medir de la Metodología <i>Lean Six Sigma</i>	115
6.4.	FASE ANALIZAR DE LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	115
6.4.1.	Plantilla para la realización de una Lluvia de Ideas	116
6.4.2.	Plantilla para la realización del Diagrama Causa y Efecto	116
6.4.3.	Plantilla de los Cinco Porques.....	117
6.4.4.	Plantilla del Diagrama de Árbol	117

6.4.5.	Plantilla del plan de verificación de las causas.....	118
6.4.6.	Plantilla A3 Analizar de la Metodología <i>Lean Six Sigma</i>	118
6.5.	FASE MEJORAR DE LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	119
6.5.1.	Plantilla para seleccionar las soluciones	120
6.5.2.	Plantilla del plan de acción de la mejora	120
6.5.3.	Plantilla de mejora rápida	121
6.5.4.	Plantilla para establecer la mejora.....	122
6.5.5.	Plantilla A3 mejorar de la Metodología <i>Lean Six Sigma</i>	122
6.6.	FASE CONTROLAR DE LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	123
6.6.1.	Plantilla para Establecer el Estándar de Trabajo	123
6.6.3.	Plantilla de grafico del antes y después de la implementación.....	125
6.6.4.	Plantilla A3 Controlar de la Metodología <i>Lean Six Sigma</i>	126
6.7.	PLANTILLA A3 DE TODA LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	126

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	125	
7.1.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	125
7.1.1.	Costos por capacitación	126
7.1.2.	Costos por compra de equipos electrónicos computacionales	129
7.1.3.	Costos por compra de materiales de escritorio	130
7.1.4.	Costos por Refrigerios para los Capacitados	130
7.1.5.	Costo para la implementación de la metodología <i>Lean Six Sigma</i>	131
7.2.	ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS	131
7.2.1.	Análisis de los beneficios tangibles Indirectos.....	131
7.3.	RELACIÓN BENEFICIO/COSTO.....	133

7.4.	ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS INTANGIBLES	133
------	--	-----

CAPÍTULO VIII

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
--	--	------------

8.1.	CONCLUSIONES	135
------	--------------------	-----

8.2.	RECOMENDACIONES	136
------	-----------------------	-----

	BIBLIOGRAFÍA	137
--	---------------------------	------------

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁG.
TABLA N° I.1	METODOLOGÍA.....	11
TABLA N° III. 1	ACTORES Y ROLES DEL EQUIPO <i>LEAN SIX SIGMA</i>	26
TABLA N° IV.1	IMPORTACIÓN DE CERÁMICA	30
TABLA N° IV.2	PARÁMETROS DE CONTROL DE LA BARBOTINA	39
TABLA N° IV.3	PARÁMETROS DE CONTROL DEL GRANO ATOMIZADO	40
TABLA N° IV.4	PARÁMETROS DE CONTROL DEL PRENSADO	41
TABLA N° IV.5	PARÁMETROS DE CONTROL DEL SECADO	42
TABLA N° IV.6	PARÁMETROS DE CONTROL EN EL ENGOBADO Y ESMALTADO	43
TABLA N° IV.7	DEFECTOS CUALITATIVOS EN BALDOSAS.....	45
TABLA N° IV.8	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA BARBOTINA	47
TABLA N° IV.9	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD AL GRANO ATOMIZADO.....	47
TABLA N° IV.10	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD A LA COMPACTACIÓN.....	48

TABLA N° IV.11	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE PESO Y ESPESOR EN EL PRENSADO	49
TABLA N° IV.12	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE PENETROMETRÍA.....	50
TABLA N° IV.13	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD A LAS BALDOSAS SECAS.....	51
TABLA N° IV.14	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD A LA CONTRACTACIÓN Y A LA PÉRDIDA DE FUEGO	51
TABLA N° IV.15	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD AL MÓDULO DE RUPTURA Y ABSORCIÓN	52
TABLA N° IV.16	LÍNEAS DE PRODUCTOS (PAVIMENTO Y REVESTIMIENTO).....	53
TABLA N° IV.17	DIFERENTES LÍNEAS DE PRODUCTOS CON EL MISMO MOLDE.....	54
TABLA N° IV.18	DECISIÓN A TOMAR SEGÚN LA CAPACIDAD DEL PROCESO	56
TABLA N° IV.19	CONTABILIZACIÓN DE BALDOSAS POR FOTO CÉLULAS	73
TABLA N° IV.20	PÉRDIDAS DE BALDOSAS POR FOTOCÉLULAS	74
TABLA N° IV.21	CANTIDAD DE PRODUCCIÓN POR CALIDADES.....	75
TABLA N° IV.22	DEFECTOS CUALITATIVOS	76
TABLA N° V.1	CMI PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	79
TABLA N° V.2	NOCIONES BÁSICAS PARA LA CAPACITACIÓN.....	81
TABLA N° V.3	PERSONAL NECESARIO PARA LA CAPACITACIÓN	82
TABLA N° V.4	INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA.....	82
TABLA N° V.5	CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLA DE LA FASE DEFINIR.....	83
TABLA N° V.6	CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLA DE LA FASE MEDIR	84

TABLA N° V.7	CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLA DE LA FASE ANALIZAR	85
TABLA N° V.8	CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLA DE LA FASE MEJORAR	86
TABLA N° V.9	CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLA DE LA FASE CONTROLAR.....	87
TABLA N° VI.1	TIPOS DE VARIABLES EN EL PROCESO PRODUCTIVO	90
TABLA N° VI.2	PLANIFICACIÓN PARA ANTES DE PROCEDER AL TALLER/EVALUACIÓN.....	91
TABLA N° VI.3	EVALUACIÓN DEL TALLER/EVALUACIÓN.....	92
TABLA N° VI.4	PLANTILLA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS.....	93
TABLA N° VI.5	FORMATO DE PLANTILLA PARA LA CLARIFICACIÓN DEL PROBLEMA	94
TABLA N° VI.6	FORMATO DE PLANTILLA DEL DIAGRAMA SIPOC	95
TABLA N° VI.7	FORMATO DE PLANTILLA PARA LA SERIE DE TIEMPO.....	97
TABLA N° VI.8	FORMATO DE PLANTILLA PARA EL OBJETIVO DEL PROYECTO	98
TABLA N° VI.9	FORMATO DE PLANTILLA DE BENEFICIOS POTENCIALES	98
TABLA N° VI.10	FORMATO DE PLANTILLA DE ENTREGABLES DE PROYECTO	99
TABLA N° VI.11	FORMATO DE PLANTILLA DE IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO	99
TABLA N° VI.12	FORMATO DE PLANTILLA DE MIEMBROS DEL EQUIPO DE TRABAJO	100
TABLA N° VI.13	FORMATO DE PLANTILLA DEL DIAGRAMA GANTT.....	100
TABLA N° VI.14	FORMATO DE PLANTILLA DE UN PLAN DE COMUNICACIÓN.....	101

TABLA N° VI.15	FORMATO DE PLANTILLA PARA LOS RECURSOS PARA EL PROYECTO	101
TABLA N° VI.16	FORMATO DE PLANTILLA A3 DEFINIR	102
TABLA N° VI.17	FORMATO DE PLANTILLA PARA UN ESTUDIO DE CAPACIDAD	103
TABLA N° VI.18	FORMATO DE PLANTILLA PARA UN ESTUDIO R&R DISCRETO	104
TABLA N° VI.19	FORMATO DE PLANTILLA PARA EL ANÁLISIS DEL ESTUDIO R&R DISCRETO	105
TABLA N° VI.20	FORMATO DE PLANTILLA DEL DIAGRAMA DE FUNCIONES CRUZADAS.....	106
TABLA N° VI.21	FORMATO DE PLANTILLA DE LOS MÉTRICOS DE DESEMPEÑO	106
TABLA N° VI.22	FORMATO DE PLANTILLA PARA UN PLAN DE MUESTREO CUALITATIVA	107
TABLA N° VI.23	FORMATO DE PLANTILLA PARA EL CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	107
TABLA N° VI.24	FORMATO DE PLANTILLA PARA UN PLAN DE MUESTREO CUANTITATIVO.....	108
TABLA N° VI.25	FORMATO DE PLANTILLA PARA CALCULAR EL TAMAÑO DE LA MUESTRA	108
TABLA N° VI.26	FORMATO DE PLANTILLA DE UNA HOJA DE VERIFICACIÓN.....	109
TABLA N° VI.27	FORMATO DE PLANTILLA PARA UN PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	109
TABLA N° VI.28	FORMATO DE PLANTILLA DE RENDIMIENTO.....	110
TABLA N° VI.29	FORMATO DE PLANTILLA PARA CÁLCULAR EL RENDIMIENTO DE RENDIMIENTOS.....	110
TABLA N° VI.30	FORMATO DE PLANTILLA DE VALOR AÑADIDO	111
TABLA N° VI.31	FORMATO DE PLANTILLA PARA CÁLCULAR	

	DEFECTOS POR MILLÓN DE OPORTUNIDADES.....	112
TABLA N° VI.32	FORMATO DE PLANTILLA PARA CÁLCULAR LOS DEFECTOS POR UNIDAD	112
TABLA N° VI.33	FORMATO DE PLANTILLA A3 MEDIR.....	113
TABLA N° VI.34	FORMATO DE PLANTILLA DE UNA LLUVIA DE IDEAS .	114
TABLA N° VI.35	FORMATO DE PLANTILLA DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS.....	116
TABLA N° VI.36	FORMATO DE PLANTILLA PARA UN A3 DE LA FASE ANALIZAR.....	117
TABLA N° VI.37	FORMATO DE PLANTILLA PARA LA SELECCIÓN DE SOLUCIONES.....	118
TABLA N° VI.38	FORMATO DE PLANTILLA PARA UN PLAN DE ACCIÓN	118
TABLA N° VI.39	FORMATO DE PLANTILLA PARA UN PLAN DE UNA MEJORA RÁPIDA.....	119
TABLA N° VI.40	FORMATO DE PLANTILLA PARA ESTABLECER LA MEJORA	119
TABLA N° VI.41	FORMATO DE PLANTILLA A3 MEJORAR.....	120
TABLA N° VI.42	FORMATO DE PLANTILLA PARA ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO	121
TABLA N° VI.43	PLANTILLA PARA ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO.....	121
TABLA N° VI.44	FORMATO DE PLANTILLA PARA UN PLAN DE CONTROL.....	122
TABLA N° VI.45	FORMATO DE PLANTILLA PARA EL GRÁFICO DEL ANTES Y DESPUES DEL PROYECTO	122
TABLA N° VI.46	FORMATO DE PLANTILLA A3 MEJORAR.....	123
TABLA N° VI.47	FORMATO DE PLANTILLA A3 DE TODA LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	124
TABLA N° VII.1	PRECIOS DE CAPACITACIÓN EN COGNOS.....	126
TABLA N° VII.2	PRECIOS DE CAPACITACIÓN EN IBNORCA	127

TABLA N° VII.3	PRECIOS DE CAPACITACIÓN EN MAYUGO.....	127
TABLA N° VII.4	CAPACITACIÓN EN SOLMA SOLUCIONES EN MANUFACTURA.....	128
TABLA N° VII.5	COSTO POR CAPACITACIÓN	129
TABLA N° VII.6	COSTO POR COMPRA DE EQUIPOS COMPUTACIONALES	129
TABLA N° VII.7	COSTO POR COMPRA DE MATERIAL DE ESCRITORIO	130
TABLA N° VII.8	COSTO POR REFRIGERIOS	130
TABLA N° VII.9	COSTO POR IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	131
TABLA N° VII.10	PRODUCTIVIDAD POR CALIDADES.....	132
TABLA N° VII.11	CUANTIFICACIÓN DE LA DIFERENCIA DE PRECIO POR METRO CUADRADO AL AÑO	132
TABLA N° VII.12	BENEFICIOS ESPERADOS AL REDUCIR EL 5% DE DEFECTOS.....	133

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	PÁG.	
DIAGRAMA N° I.1	ÁRBOL DEL PROBLEMA	6
DIAGRAMA N° I.2	ÁRBOL DE SOLUCIÓN.....	7
DIAGRAMA N° IV.1	ORGANIGRAMA CERÁMICA RAFAELA S.R.L.....	32
DIAGRAMA N° IV.2	DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO.....	37
DIAGRAMA N° IV.3	DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD	46
DIAGRAMA N° IV.4	CAPACIDAD DEL PROCESO DE LA DENSIDAD DE LA BARBOTINA	57
DIAGRAMA N° IV.5	CAPACIDAD DEL PROCESO DE LA VISCOSIDAD DE LA	

BARBOTINA.....	58
DIAGRAMA Nº IV.6 CAPACIDAD DEL PROCESO DE LA RESÍDUO 230	59
DIAGRAMA Nº IV.7 CAPACIDAD DEL PROCESO DE LA RESÍDUO 325	60
DIAGRAMA Nº IV.8 CAPACIDAD DEL PROCESO DE HUMEDAD.....	61
DIAGRAMA Nº IV.9 CAPACIDAD DEL PROCESO DE GRANO 600.....	62
DIAGRAMA Nº IV.10 CAPACIDAD DEL PROCESO DE GRANO 425	63
DIAGRAMA Nº IV.11 CAPACIDAD DEL PROCESO DE GRANO 300	64
DIAGRAMA Nº IV.12 CAPACIDAD DEL PROCESO DE GRANO 180	66
DIAGRAMA Nº IV.13 CAPACIDAD DEL PROCESO DE HUMEDAD EN LA BALDOSA	67
DIAGRAMA Nº IV.14 CAPACIDAD DEL PROCESO DE ESPESOR	68
DIAGRAMA Nº IV.15 CAPACIDAD DEL PROCESO DE LA DENSIDAD APARENTE	68
DIAGRAMA Nº IV.16 CAPACIDAD DEL PROCESO DE ABSORCIÓN.....	60
DIAGRAMA Nº IV.17 CAPACIDAD DEL PROCESO DEL MÓDULO DE RUPTURA	70
DIAGRAMA Nº IV.18 CAPACIDAD DEL PROCESO DE ESPESORES	71
DIAGRAMA Nº IV.19 DIAGRAMA DE PARETO DE LOS DEFECTOS CUALITATIVOS	76
DIAGRAMA Nº V.1 PERSPECTIVAS DEL CUADRO DE MANDO INTEGRAL .	78
DIAGRAMA Nº V.2 MAPA ESTRATÉGICO DEL CMI	80
DIAGRAMA Nº VI.1 FORMATO DE PLANTILLA PARA DETERMINAR LA CTQ.....	96
DIAGRAMA Nº VI.2 PLANTILLA PARA EL DIAGRAMA DE PARETO.....	97
DIAGRAMA Nº VI.3 FORMATO DE PLANTILLA PARA UN GRÁFICO DE SERIE DE TIEMPO	111
DIAGRAMA Nº VI.4 FORMATO DE PLANTILLA DE UN DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	114
DIAGRAMA Nº VI.5 FORMATO DE PLANTILLA DE LOS 5 PORQUÉS.....	115

DIAGRAMA N° VI.6	FORMATO DE PLANTILLA DE UN DIAGRAMA DE ARBOL	115
------------------	--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.	
FIGURA N° I. 1	LOGO Y LÍNEA DE PRODUCTOS DE LA EMPRESA CERÁMICA RAFAELA S.R.L.	2
FIGURA N° I. 2	DEFECTOS MÁS SOBRESALIENTES EN EL PROCESO DE PRODUCCION.....	4
FIGURA N° IV.1	ESQUEMA DEL PROCESO PRODUCTIVO	33
FIGURA N° IV.2	SECCIÓN A.....	34
FIGURA N° IV.3	SECCIÓN B.....	35
FIGURA N° IV.4	SECCIÓN D	36
FIGURA N° V.1	CAPACITACIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO	89

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de grado, está centrado en la planificación de una propuesta de la metodología *Lean Six Sigma* para reducir variabilidad, desperdicios y reprocesos en la empresa Cerámica Rafaela S.R.L. en la cual durante el proceso de producción de pisos surgen variabilidad del tipo continuo y por atributos, los cuales algunos de ellos tienen que volver a ser reprocesados y otros son clasificados como se segunda calidad o tercera calidad o cascote.

La característica principal de los defectos, al menos de los defectos cualitativos es que al ser vistos dan una mala imagen para la empresa y además que tiene un precio inferior de venta con respecto a los productos de primera calidad, lo que significa pérdidas para la empresa.

La investigación de la problemática que ocasiona los defectos se realiza por el interés de conocer cuáles son las causas raíces de los defectos, analizarlo y plantear alternativas que soluciones los defectos e implementar las mejoras para después, controlarlos de manera eficiente.

La metodología *Lean Six Sigma* incluye el uso de herramientas analíticas y estadísticas dentro de una metodología estructurada incrementando el conocimiento necesario para lograr de una mejor manera los objetivos deseados. Se caracteriza por la continua y disciplinada aplicación de una estrategia maestra, proyecto por proyecto, donde los proyectos son seleccionados mediante la etapa uno de la metodología, que es definir. La metodología *Lean Six Sigma* para mejora tiene cinco etapas, definición, medición, análisis, mejora y control. Para cada etapa, existen herramientas específicas, ya sea que la característica de calidad que se quiera mejorar sea del tipo continua o de tipo discreta.

Lo que se pretende es reducir la variabilidad en el proceso productivo por parte de *Six Sigma* y, por parte de *Lean Manufacturing* trata de disminuir el desperdicio.

1.1. ANTECEDENTES

En el 2010 CERABOL celebró sus 40 años de vida, asumiendo el mayor desafío de su historia: poner en marcha su segunda planta industrial, la cual lleva el nombre de CERÁMICA RAFAELA, una unidad moderna y eficiente la cual fue inaugurada en abril de 2011 con capacidad productiva de 180.000 m² y aumentar la variedad de tamaños, diseños, tonos y estilos para acompañar las últimas tendencias del mercado. En el año 2016 se inaugura una nueva línea de producción con tecnología italiana de punta, con una capacidad productiva de 300.000 m². Cerabol, (2022)

FIGURA N° I. 1

LOGO Y LÍNEA DE PRODUCTOS DE LA EMPRESA CERÁMICA RAFAELA S.R.L.



Fuente: Elaboración propia

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el departamento de producción de la empresa Cerámica Rafaela, específicamente en el área de clasificación de producto terminado, se tiene como objetivo no encartonar pisos cerámicos que contengan por lo menos un defecto, a estos productos se lo considera como de primera calidad, mientras que a los productos que tienen al menos un defecto y según la severidad del defecto se considera como productos de segunda (a estos productos se los marca con una tiza para que la maquina clasificadora lo distinga y seleccione en grupos de segunda), mientras que a los defectos que se vea más grave el defecto se lo saca de la línea de embalaje y se lo encartona aparte (tercera calidad). Existe también productos en el que el defecto es severo y no puede considerarse ni como primera, segunda o tercera calidad, se lo considera cascote.

Los defectos que se encuentran en piezas de segunda o tercera por lo general son los siguientes; contaminación de horno, contaminación de arcilla, contaminación de esmalte y/o engobe, contaminación de aceite, descentrado en el diseño, pinchado, despuntado, torcido, raspado, grumo, fisura, sordo, falla HD.

Las piezas defectuosas al ser comercializadas tienen un precio menor al de las piezas de primera calidad (las que no tiene ningún defecto), lo que significa una pérdida económica para la empresa.

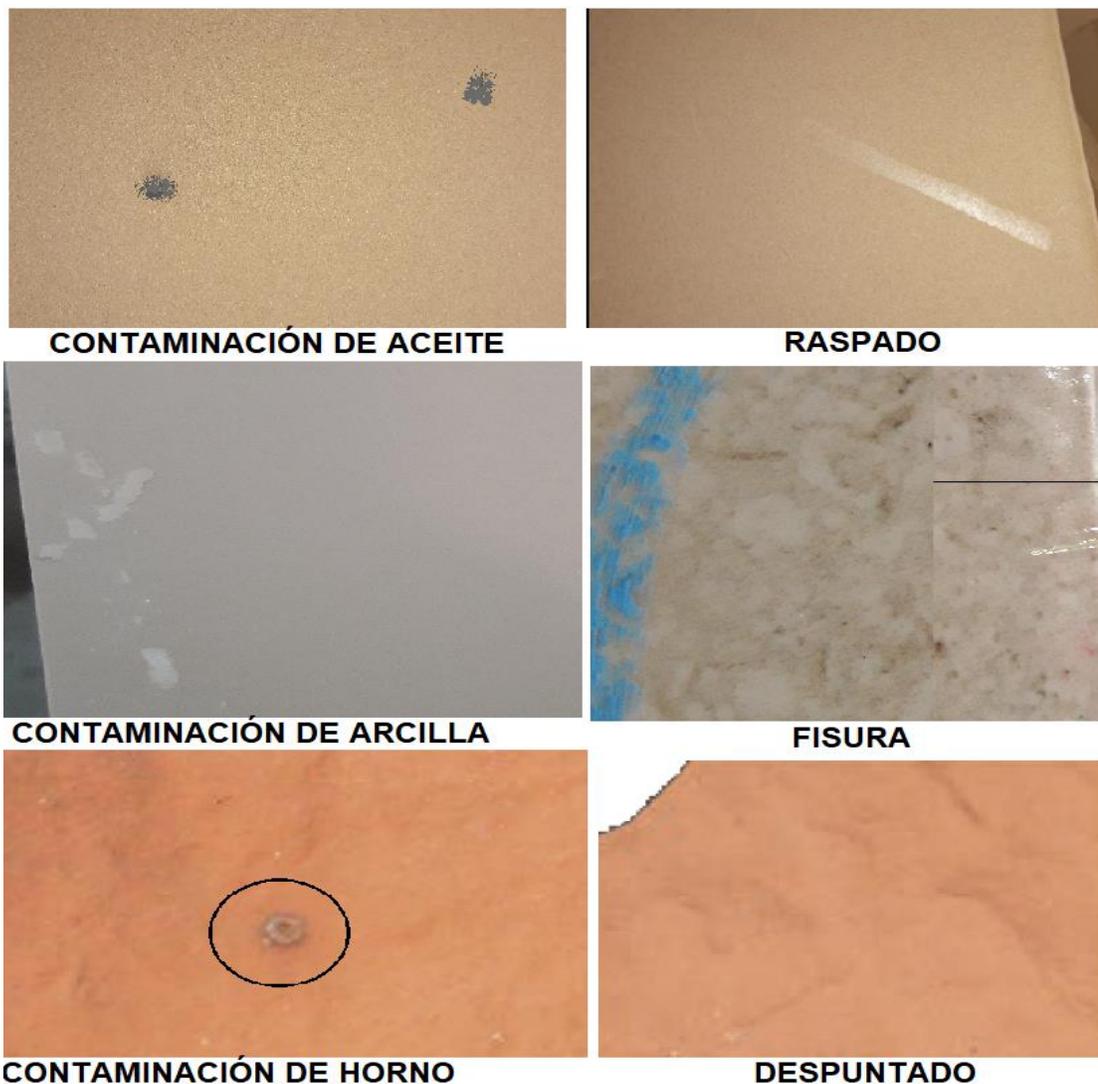
Es por ello que se quiere estudiar a los defectos, las causas raíces que los provocan y proponer alternativas de solución. Para este estudio se decidió diagnosticar a los defectos y aplicar la metodología *Lean Six Sigma* como herramienta para definir, medir, analizar, proponer alternativas de mejora que solucionen o reduzcan los defectos y también proponer alternativas de control para las mejoras que se propondrán.

Realizando un chequeo de las piezas defectuosas que llegan al área de clasificación y preguntando al personal de esa área y a los auxiliares de laboratorio, se obtuvo la siguiente información:

- a) En la prensa y el secadero se debe controlar que no gotee aceite a las piezas, que la presión de aceite del cilindro hidráulico se mantenga estable para dar una uniformidad en el prensado, que la temperatura de los moldes sea la adecuada, que los rodamientos de los rodillos de la salida de prensa hacia el secadero estén cumpliendo sus objetivos. Los defectos que pueden existir por estos motivos; contaminación de aceite, despuntado, resistencia a la flexión baja, alta absorción de agua.

FIGURA N° I. 2

DEFECTOS MÁS SOBRESALIENTES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN



Fuente: Elaboración propia

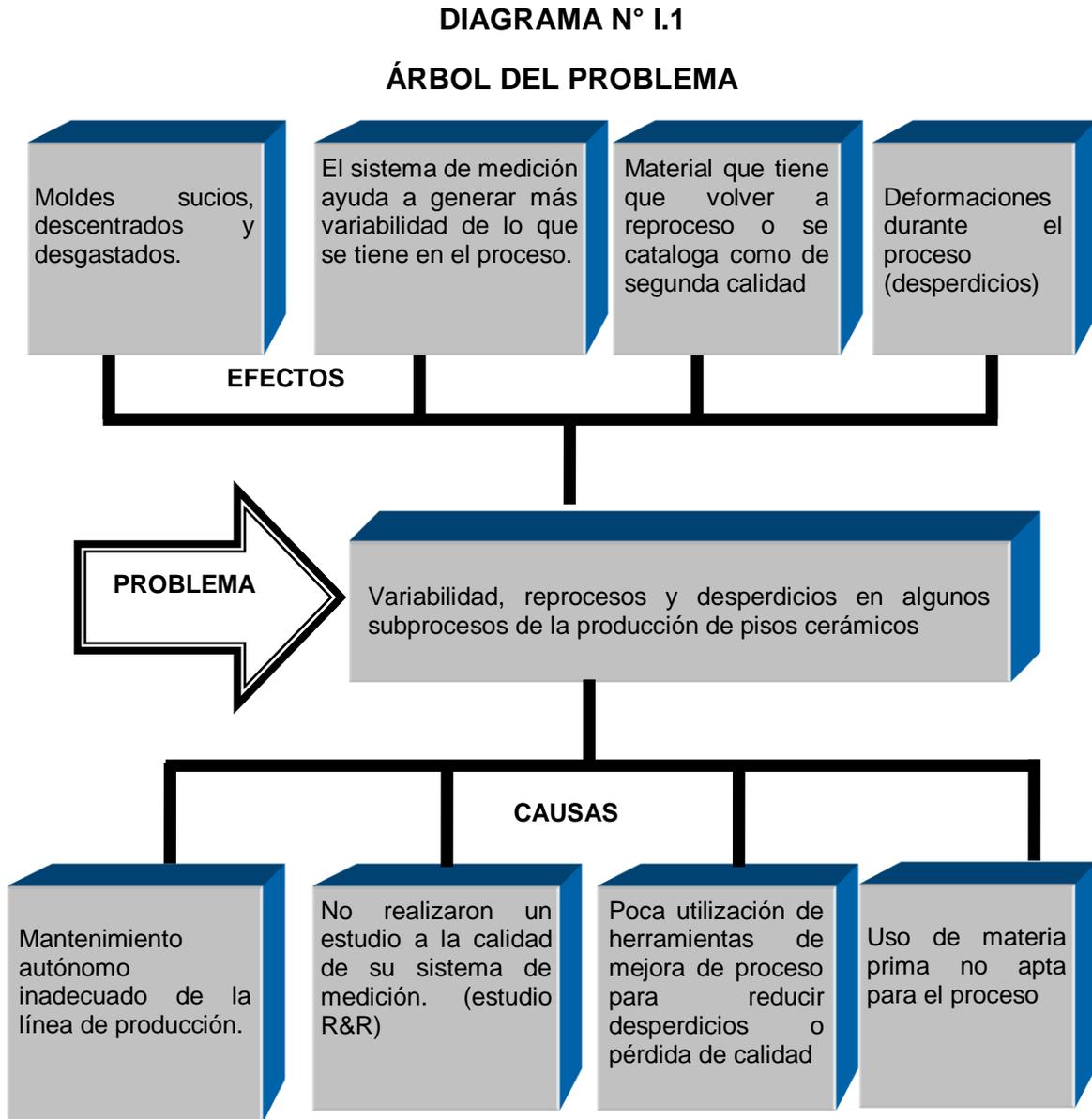
- b) Si la baldosa presenta el defecto de raspado es porque en el trayecto prensa-secadero-línea, hubo una carga sobre la baldosa ya sea por la canasta del secadero al descargar a la línea de esmaltado.
- c) El Rotocolor (equipo) en la línea de esmaltado y diseño, cuando no está alineada a la baldosa a serigrafiar se percibe defectos como descentrado en el diseño.
- d) Cuando la atmosfera del horno está contaminada o que en los quemadores se generen partículas de carbón que al entrar en contacto con la baldosa se produce el defecto contaminación de horno.
- e) En el caso de que el porcentaje de humedad requerida en la arcilla para el proceso debe ser de seis por ciento a siete por ciento, si la humedad es inferior a seis por ciento, entonces la baldosa será más propensa a quebrarse y fisurarse, y si la humedad es mayor al siete por ciento, la baldosa tenderá a prenderse en el molde y mande baldosa con defecto de mordida de ratón, arcilla prensada, prendido.
- f) Puede haber contaminación de engobe o esmalte, esto se debe a que el esmalte sea que se esté reutilizando, el embudo de las campanas de dosificación o las vascas este sucio.
- g) Cuando la baldosa prensada esta despuntada es porque la baldosa haya entrado en contacto brusco con la canasta del secadero o en las guías de la línea de producción.

Muchas de estas causas de los defectos son ocasionadas por causas comunes de variación, lo que da la oportunidad de analizar las causas de los defectos y cambiar procedimientos de trabajo.

Todos los incisos anteriormente descritos pertenecen a una característica de calidad del tipo discreto, que al encontrar uno de estos en una inspección al cien por ciento y si esta tuviera una de estas, se puede considerar desperdicio.

1.2.1. Esquema del Problema

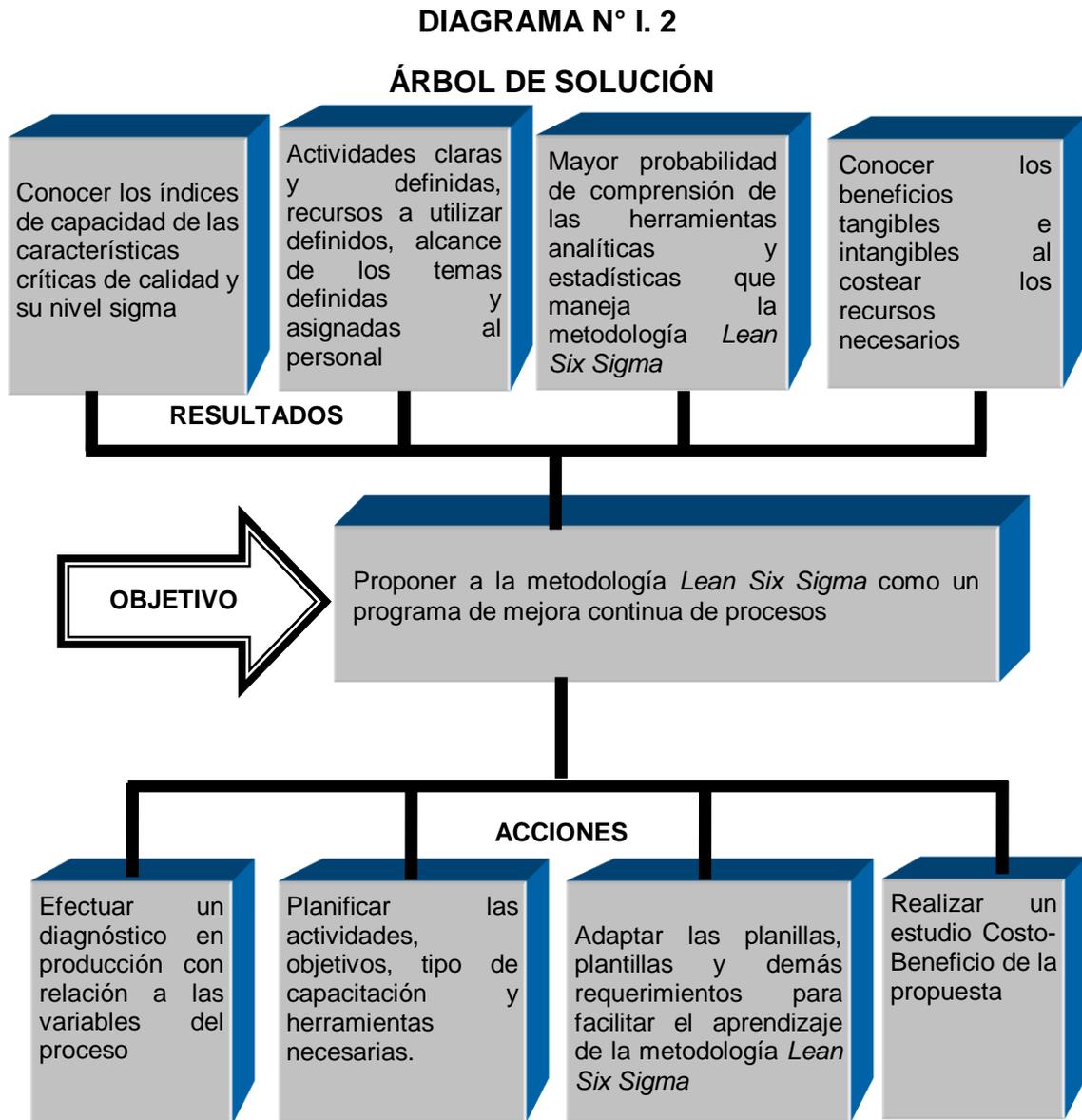
Del planteamiento del problema desarrollado, se presenta el diagrama N°1.1 Árbol del problema del presente estudio.



Fuente: Elaboración propia

1.2.2. Esquema de Objetivos

De los antecedentes desarrollados se presenta el siguiente diagrama el Árbol de Solución



Fuente: Elaboración propia en base a las necesidades de la empresa Cerámica Rafaela S.R.L.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación Práctica

Los defectos (problema práctico) que tienen algunas piezas de cerámica son evidencia de que existe una oportunidad de crear-diseñar un método o un instrumento que permita reducir la cantidad de defectos que aparecen con mayor frecuencia, tal como es el defecto Contaminación de arcilla, Fisura, y Contaminación de horno. Y para ello se acudirá a emplear la metodología *Lean Six Sigma*; es decir transformar un problema practico en un problema de investigación.

1.3.2. Justificación Metodológica

Para reducir la variabilidad de los defectos y los desperdicios, ya sea que se lo detecte en el proceso o en productos terminado, se propone utilizar la metodología *Lean Six Sigma*, que es una metodología que ayuda a la mejora de los procesos utilizando herramientas analíticas y estadísticas. El método que se utilizara es el de mejora, el cual tiene cinco fases (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, controlar-DMAMC)

Una de las fases clave, es la primera, Definir. Si el problema que ocasiona algún defecto es definido de la manera correcta, entonces el proyecto tendrá elevada probabilidad de ser exitoso.

1.3.3. Justificación Económica

El estudio busca reducir defectos, es decir, que todos los defectos o la gran mayoría de ellos que sean de segunda o tercera calidad pasen a ser productos de primera calidad.

Teniendo en cuenta que la diferencia de precio en productos de primera calidad con respecto a los de segunda calidad oscila entre un treinta por ciento a cuarenta por ciento. Además, se busca reducir los siete desperdicios que se genera dentro del proceso, reduciendo los costos de producción.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Proponer la metodología *Lean Six Sigma* para reducir defectos en el área de producción de pisos en la empresa Cerámica Rafaela S.R.L.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico en el área de producción de las especificaciones de control que se realiza en las actividades del proceso de producción de cerámica.
- Planificar a través de un cuadro de mando integral las actividades a realizarse en la metodología *Lean Six Sigma* que reducirán los defectos y desperdicios en el proceso de producción.
- Adaptar formatos de plantillas para cada fase de la metodología *Lean Six Sigma* para ser usadas por la empresa Cerámica Rafaela S.R.L.
- Realizar un análisis costo beneficio para conocer las utilidades que traerá la metodología *Lean Six Sigma*

1.5. ALCANCE

1.5.1. Alcance Temático

El estudio estará centrado más en los productos rojos que en los otros productos debido a que este es el que se comercializa más y es el que es más propenso a que se note los defectos. En cuanto a la metodología *Lean Six Sigma* se adaptará plantillas para cada fase de la metodología.

1.5.2. Alcance Temporal

El trabajo tendrá una duración de seis meses calendario a partir del mes de enero hasta el mes de junio del presente año en curso.

Los tres primeros meses serán de recopilación, comparación de datos actuales con los históricos, medición y análisis de los resultados y, los meses restantes serán de planificación estratégica para la implementación de la metodología y adaptación de las plantillas de recojo y análisis de los datos recolectados que requiere la metodología

1.5.3. Alcance Espacial (Geográfico)

El estudio se realizará en las áreas de producción (molienda, barbotina, atomizado, prensa, secadero, línea, horno y, clasificación) de la empresa Cerámica Rafaela S.R.L. ubicada en el kilómetro tres de la carretera a Camiri.

1.6. METODOLOGÍA

1.6.1. Método de Análisis

Se realizará la segmentación de los defectos, para estudiarlos de manera separada o individual con el fin de conocer cuál es porcentaje que representa cada defecto (segunda o tercera), con relación al porcentaje de productos de primera.

1.6.2. Método Deductivo

Para analizar a toda la población de los defectos de producto terminado, se utilizará el método deductivo iniciando de lo más general a lo más específico.

1.6.3. Método Objetivo

Los defectos (real y tangible) son detectados en el área de clasificación y marcados como segunda o tercera, estos son registrados en el libro de análisis cualitativos en el cual se cuantifica la cantidad de piezas defectuosas por cualidad en una hora.

1.6.4. Metodología Cuantitativa

Se observará y medirá los defectos que se detecten en clasificación para luego analizarlos estadísticamente y la identificación de la variable independiente.

Teniendo en cuenta que las variables estadísticas cuantitativas, se clasifican en dos grupos, variables cuantitativas del tipo continua (densidad, viscosidad, porcentaje de humedad, espesor, tamaño, etc.), y variables cuantitativas del tipo discreta (cantidad de baldosas con defecto contaminación de arcilla en clasificación, cantidad de baldosas secas que vuelven al reproceso, etc.)

La TABLA N°I.1 METODOLOGÍA, muestra la metodología que se seguirá para dar cumplimiento al presente proyecto de grado

**TABLA N°I. 1
METODOLOGÍA**

Nº	Objetivos específicos	Acciones	Métodos	Herramientas	Resultados esperados
1	Realizar un diagnóstico de defectos que existe en el área de producción.	Mostrar la situación histórica y actual de los defectos e identificar los defectos vitales.	<ul style="list-style-type: none"> • Método descriptivo. • Método cualitativo. • Método cuantitativo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de identificación de defectos y fallas. • Índices Cp, Pp. 	<p>Conocer los defectos vitales por cada producto que se realiza.</p> <p>Identificar los vitales.</p>
2	Planificar las actividades de la metodología <i>Lean Six Sigma</i>	Organización, Identificación, selección de recursos materiales, humanos necesarios.	<ul style="list-style-type: none"> • Método de análisis • Método objetivo • Método cuantitativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanced Scorecard • Diagrama Gantt 	Definir las actividades secuenciales de la manera más clara posible.
3	Desarrollar el formato de plantillas para cada una de las fases de la metodología <i>Lean Six Sigma</i>	Analizar todas las variables del proceso para alcanzar una adaptación adecuada de plantillas.	<ul style="list-style-type: none"> • Método de análisis • Método experimental. • Método objetivo 	Histogramas, diagrama SIPOC, estudio R&R, capacidad de proceso, los cinco porque, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, amef, análisis de regresión.	Proporcionar formatos de plantillas para el recojo de datos y análisis de la información
4	Realizar un estudio Costo-Beneficio para conocer los beneficios que traerá la propuesta	Comparar el beneficio que traerá la propuesta en relación al costo de implementación.	<ul style="list-style-type: none"> • Método cuantitativo • Método de análisis 	Indicador de proyecto Beneficio-Costo.	Determinar el beneficio y las utilidades para la empresa.

Fuente: Elaboración propia

MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

Las teorías más relevantes estarán divididas en tres dimensiones, los defectos de los productos en procesos, la metodología *Lean Six Sigma* y los tipos de capacitación

2.1. DEFECTOS EN LA CERÁMICA PLANA

Los defectos en la pieza cerámica pueden deberse a un sin fin de causas, estos se pueden generar en las diferentes etapas de producción, pero casi todos los defectos se evidencian después de la cocción (Calle, 2011, P.23).

En el medio y final del proceso, la falla puede presentarse en forma de agujeros o fisuras. Durante todo el proceso de fabricación existe la posibilidad de que las baldosas puedan dañarse mientras se transportan (Echeverz & Melograno, 2017, P. 25).

2.1.1. Contaminación de Arcilla

Es la presencia de partículas de arcilla o rebabas que se adhieren a la superficie superior de la baldosa prensada. Que al ser cocida esta presenta una anomalía irregular en la pieza.

2.1.2. Contaminación de Horno

Es un defecto que presenta unas partículas negras en la baldosa, producto de la mala combustión en los quemadores, o la atmosfera del horno está contaminada. Cualquiera sea el caso, presenta un aspecto diferente en la baldosa.

2.1.3. Contaminación de Esmalte

Se presenta como unas manchas de color blanco, dichas manchas tienden a ser ásperas en relación a la demás superficie de la baldosa. (Calle, 2011, p. 23)

2.1.4. Grumo

Defecto que se lo puede observar por la acumulación puntual de esmalte o el intento de desgasificación de la arcilla, tiene en una dimensión pequeña (Cevallos, 2010, p.20).

2.1.5. Contaminación de Aceite

Se forma un corazón negro dentro de la estructura de la pieza donde el aceite a goteado y con las altas temperaturas que es sometida la pieza cuando entra a cocción, se produce el ampollamiento brusco.

2.1.6. Pinchado

Según Calle (2011) son hoyuelos de aproximadamente un milímetro de diámetro, y estos aparecen en zonas donde el engobe que cae a la pieza contiene demasiada agua. Estos son el resultado de la afloración en el vidrio fundido de burbujas gaseosas que una vez que vencen la tensión superficial del esmalte dejan agujero. (p. 26)

2.1.7. Fisura

La fisura es una grieta delgada que se encuentra en cualquier parte de la baldosa, aunque lo más común es que se encuentre al borde de la pieza. Aunque también la fisura puede ir al centro de la baldosa. (Cevallos, 2010, p 21)

2.1.8. Despuntado

Es el desprendimiento o despostillado de una punta de sus extremos. Las causas más probables es que las piezas se chocan entre ellas mismas en el trayecto prensa-secadero o que las guías las estén despuntando (Cevallos, 2010, p. 23).

2.1.9. Diferencia de Tamaños

Se le llama diferencia de tamaños a todas las piezas que tienden a tener una diferencia de tamaños de aproximadamente 1 mm en los lados A y C.

2.1.10. Descuadre

El descuadre es una irregularidad de tamaño de uno de sus lados haciendo que sea de un lado más largo que el otro.

2.1.11. Luneta

Según Cevallos (2010) se presenta como una depresión curvada en el centro de uno de sus lados, casi como una media luna, siendo esta una desviación de la rectitud. Generalmente este defecto se da cuando hay una mala distribución de polvo en los moldes de la prensa. (p.30)

2.1.12. Acuñamiento

Consiste en una diferencia de espesor entre las dos partes opuestas a la pieza (Cevallos, 2010, p. 31)

2.2. CONCEPTOS IMPORTANTES DE ESTADÍSTICA

La ciencia que trata de la recolección, tabulación, análisis, interpretación y presentación de datos cuantitativos (Besterfield, 2009, p 118).

2.2.1. Medidas de Tendencia Central

Valor en torno al cual los datos o mediciones de una variable tienden a aglomerarse o concentrarse (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 19)

2.2.1.1. Media

La media aritmética se define como el cociente que se obtiene al dividir la suma de los valores de la variable por el número total de observaciones (Martínez, 2019, p. 91).

2.2.1.2. Mediana

Medida de tendencia central que es igual al valor que divide a la mitad a los datos cuando son ordenados de menor a mayor (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p.19)

2.2.1.3. Moda

Medida de tendencia central de un conjunto de datos que es igual al dato que se repite más veces (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p.20).

2.2.2. Medidas de Dispersión

Es preciso determinar su variabilidad o dispersión. Esto es un elemento vital en el estudio de capacidad de un proceso (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p.21).

2.2.2.1. Desviación Estándar Muestral

Medida de la variabilidad que indica qué tan esparcidos están los datos con respecto a la media (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p.21).

2.2.2.2. Rango

Medición de la variabilidad de un conjunto de datos que es resultado de la diferencia entre el dato mayor y el dato menor de tal conjunto (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p.21).

2.2.2.3. Coeficiente de Variación

Medida de variabilidad que indica la magnitud relativa de la desviación estándar en comparación con la media. Es útil para contrastar la variación de dos o más variables que están medidas en diversas escalas. (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p.21).

2.2.3. Medidas de Forma

2.2.3.1. Simetría

Es la medida respecto a la similitud de ambos lados de un objeto o figura, en el caso de la distribución de la frecuencia la simetría se mide mediante el coeficiente del sesgo (Toyama, 2010, p. 23)

2.2.3.2. Curtosis

Estadístico que mide qué tan elevada o plana es la curva de la distribución de unos datos respecto a la distribución normal (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p.29).

2.3. CARTAS DE CONTROL

El método de la gráfica de control es un medio de visualizar las variaciones que se presentan en la tendencia central y en la dispersión de un conjunto de observaciones (Besterfield, 2009, p. 182)

2.3.1. Cartas de Control para Atributos

Hay dos grupos diferentes de gráficas de control para atributos. Uno es para unidades no conformes. Se basa en la distribución binomial (p , np). El otro es para no conformidades. Se basa en la distribución de Poisson (c , u). (Besterfield, 2009, p. 317)

2.3.2. Cartas de Control para Variables

El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Distingue entre variaciones por causas comunes y especiales (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p.176)

2.3.2.1. Cartas de control \bar{X} -R

Diagramas para variables que se aplican a procesos masivos donde se miden y se calcula la media y el rango para registrarlos en la carta correspondiente (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 178).

2.3.2.2. Cartas de control \bar{X} -S

Diagrama para variables que se aplican a procesos masivos, en los que se quiere tener una mayor potencia para detectar pequeños cambios. Por lo general, el tamaño de los subgrupos es $n > 10$ (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 185).

2.3.2.3. Carta de individuales

Es un diagrama para variables de tipo continuo que se aplica a procesos lentos, donde hay un espacio largo de tiempo entre una medición y la siguiente. (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 193)

2.4. ÍNDICE DE CAPACIDAD

Conocer la amplitud de la variación natural del proceso en relación con sus especificaciones para una característica de calidad dada, y así saber en qué medida cumple los requerimientos (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 98).

2.4.1. Índice C_p

Indicador de la capacidad potencial del proceso que resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 98).

2.4.2. Índice C_{pk}

Indicador de la capacidad real de un proceso que se puede ver como un ajuste del índice C_p para tomar en cuenta el centrado del proceso (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 102).

2.4.3. Índice K

Es un indicador de qué tan centrada está la distribución de un proceso con respecto a las especificaciones de una característica de calidad dada (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 103).

2.4.4. Índice P_p

Indicador del desempeño potencial del proceso, que se calcula en forma similar al índice C_p pero usando la desviación estándar de largo plazo. (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 105).

2.4.5. Índice P_{pk}

Indicador del desempeño real del proceso, que se calcula en forma similar al índice C_{pk} pero usando la desviación estándar de largo plazo. (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 105).

2.4.6. Índice Z

Es la métrica de capacidad de procesos de mayor uso en Seis Sigma. Se obtiene calculando la distancia entre la media y las especificaciones, y esta distancia se divide entre la desviación estándar (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 106).

2.4.7. Oportunidad de error

Cualquier parte de la unidad a la que es posible medir o verificar si cumple con lo estipulado o con cualquier no conformidad o cualquier desviación en la calidad. (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 110).

2.4.8. Índice DPU (defectos por unidad)

Métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados entre el número de unidades inspeccionadas. No toma en cuenta las oportunidades de error. (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 110).

2.4.9. Índice DPO

Métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados entre el total de oportunidades de error al producir una cantidad específica de unidades. (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 110).

2.5. MEJORA CONTINUA

La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo (Hernández & Vazán, 2013, p. 27)

2.5.1. Las 5S

Técnica utilizada para el mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo (Hernández & Vazán, 2013, p. 34)

2.5.2. SMED

Es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina” (Hernández & Vazán, 2013, p. 44)

2.5.3. Estandarizacion

Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas (Hernández & Vazán, 2013, p. 45).

2.5.4. Control Visual

Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros” (Hernández & Vazán, 2013, p. 52).

2.5.5. Heijunka

Técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un periodo de tiempo, normalmente un día o turno de trabajo (Hernández & Vazán, 2013, p. 69)

2.5.6. Sistemas Poka-yoke

La inspección y el monitoreo de procesos debe enfocarse a detectar la regularidad estadística de las fallas, para identificar dónde, cuándo y cómo están ocurriendo las fallas, a fin de enfocar mejor las acciones correctivas (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 164).

2.5.7. Diagrama de Pareto

Según Gutiérrez & de la Vara (2013) menciona lo siguiente:

En todo proceso son pocos los problemas o situaciones vitales que contribuyen en gran medida a la problemática global de un proceso o una empresa. La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender sus problemas, no se den “palos de ciego” al trabajar en todos los problemas al mismo tiempo atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico.

La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%) (p. 136)

2.5.8. Estratificación

Estratificar es analizar problemas, fallas, quejas o datos, clasificándolos de acuerdo con los factores que se cree pueden influir en la magnitud de los mismos, a fin de localizar las mejores pistas para resolver los problemas de un proceso (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 139).

2.5.9. Hoja de Verificación

La hoja de verificación es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos. Una buena hoja de verificación debe reunir la característica de que, visualmente, permita hacer un primer análisis para apreciar las principales características de la información buscada. (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 143).

2.5.10. Diagrama de Ishikawa

Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga

a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 147).

2.5.11. Lluvia de Ideas

son una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre determinado tema o problema (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 153).

2.5.12. Diagrama de Dispersión

Es una gráfica cuyo objetivo es analizar la forma en que dos variables numéricas están relacionadas (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 154).

2.5.13. Diagrama PEPSU

Según Advanced Integrated Technologies Group inc. (2005) menciona:

El diagrama PEPSU o SIPOC, es una herramienta para identificar problemas, que le ayudará a definir el alcance de su oportunidad de mejora, le guiará en su oportunidad de mejora, asegurará que el enfoque de su oportunidad de mejora esté alineado con los requerimientos de mayor nivel del cliente (p. 3)

Por otro lado, Gutiérrez & de la Vara (2013) dice que es un diagrama de proceso donde se identifican los proveedores, las entradas, el proceso mismo, sus salidas y los usuarios (p. 159)

2.5.14. Despliegue de la Función de Calidad

Es un mecanismo formal para asegurar que la voz del cliente sea escuchada en el desarrollo del proyecto. También identifica medios específicos para que los requerimientos del cliente sean cumplidos por todas las actividades funcionales de la compañía (Gutiérrez & de la Vara, 2013, p. 160).

2.6. TIPOS DE EVENTOS DE CAPACITACIÓN

Un evento de capacitación tiene por lo general su origen en el deseo de ayudar a la solución de un problema. Éste puede ser realizado de diferentes formas que van desde una reunión sencilla, en donde un expositor de manera frontal presenta un tema, hasta un evento participativo de varios días. (Candelo, Ortíz, & Unger, 2003, p. 31)

2.6.1. Seminario

Reunión especializada que tiene naturaleza técnica y académica, cuyo objeto es realizar un estudio profundo de determinadas materias con un tratamiento que requiere una interactividad entre los especialistas (DECAP, 2018, p. 9).

2.6.2. Taller

Modalidad de enseñanza y estudio caracterizada por el uso y el desarrollo de la investigación operativa, el descubrimiento científico y el trabajo en equipo que, en su aspecto externo, se distingue por el acopio, la sistematización y el uso de material especializado acorde, con el tema para la elaboración de un producto tangible. (DECAP, 2018, p. 9).

2.6.3. Tutoría Virtual

Proceso que consiste básicamente en brindar asesoría y orientación a los trabajadores, a través de un tutor virtual. Tiene como propósito evitar la ausencia del personal de su puesto de trabajo. Encaminada a apoyar a los empleados en temas en los que presentan dificultad. (DECAP, 2018, p. 10).

2.6.4. Plantillas Elearnig

Están diseñadas para exponer diferentes tipos de contenido o cumplir objetivos de aprendizajes específicos que son atractivos para el estudiante y cumple a cabalidad con la estrategia pedagógica planteada. (Shiftelearning, 2012)

MARCO

METODOLÓGICO

MARCO METODOLÓGICO

Se considerará las cinco fases de la metodología *Lean Six Sigma*, así como los principios a seguir para dar cumplimiento a una correcta implementación

3.1. METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA

La metodología *Lean Six Sigma* tiene cinco fases, definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

3.1.1. Fase Definir

Según Gutiérrez & de la Vara (2013) es la primera fase de la metodología y este debe estar muy bien definido, ya que en esta fase se tiene que definir el alcance del proyecto, los objetivos, los recursos que se utilizará, los beneficios esperados, el equipo de trabajo con sus respectivas funciones, tipo de variable a analizar, etc. En la selección de las métricas es importante asegurarse de que a través de ellas se está escuchando al cliente, por lo que pueden ser variables críticas del desempeño y calidad del proceso tiempo de ciclo, costos, defectos, quejas, productividad.

Solma Soluciones (2020) dice que transformar el problema real en un problema estadístico utilizando un diagrama de Pareto, diagrama SIPOC, diagrama de flujo y formar al equipo de trabajo para definir de la manera más clara el problema y evitar posibles sesgos en la definición del problema.

La fase definir es la fase más importante en los proyectos Lean Six Sigma que se realice, porque a partir de una buena definición del problema se obtendrá buena medición de las variables a mejorar, un análisis de las causas más probables y a través de una lluvia de ideas proponer alternativas de solución que ataquen a la causa raíz del problema, posteriormente, aplicar las mejoras al proceso y que dicha mejora se mantenga estable en el tiempo.

3.1.2. Fase Medir

Según Solma Soluciones (2020) menciona que esta fase se divide en dos partes, una que es para validar el sistema de medición y la otra para medir la característica crítica de calidad que se quiera mejorar.

Validar el sistema de medición se lo realiza para conocer el grado de variación que puede aportar el instrumento de medición o la persona que mide. Generalmente se realiza un estudio de reproducibilidad y repetibilidad.

Según Gutiérrez & de la Vara (2013) menciona que el objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Para ello se debe realizar el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento, las métricas con las que se evaluará el éxito del proyecto.

3.1.3. Fase Analizar

Según Solma Soluciones (2020) en esta fase se conocen las “X” (variables independientes) o factor de entrada que afectan a las “Y” (variable dependiente) que son los factores de salida, se busca todas las posibles causas que genere variación en el proceso. En esta parte de analizar y dependiendo de la naturaleza de la variable se pueden utilizar herramientas estadísticas y analíticas, pruebas de hipótesis tanto para variables como para atributos, análisis de la varianza, lluvia de ideas, los cinco porqués, etc.

Según Gutiérrez & de la Vara (2013) menciona que se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos. Las herramientas de utilidad en esta fase son muy variadas, por ejemplo lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, Pareto de segundo nivel, estratificación, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco por qué, prueba de hipótesis, diagrama de dispersión despliegue de la función de calidad para relacionar variables de entrada con variables de salida.

3.1.4. Fase Mejorar

Según Solma Soluciones (2020) en la etapa de mejorar busca determinar cual es el setting de los parametros que se encontro en la fase de analizar que afectaran de manera positiva o negativa en la variable de salida que se quiera mejorar y posteriormente validar las mejoras.

Según Gutiérrez & de la Vara (2013) que en esta fase se implementa soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema. Las herramientas a utilizar en esta fase son: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka-yoke.

3.1.5. Fase Controlar

Según Solma Soluciones (2020) menciona que lo que se hace en esta fase es validar los beneficios economicos, asegurar de entregar el proyecto adecuadamente y actualizar la documentacion correspondiente. Diseñando un plan de control para medir los especificaciones adecuadas, en el setting adecuado.

Según Gutiérrez & de la Vara (2013) si las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Esto implica la participación y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso, por lo que se pueden presentar resistencias y complicaciones.

Al final de cada proyecto *Lean Six Sigma* se realiza un resumen del proyecto ejecutado en una hoja A3 y se lo archiva para que quede constancia de las mejoras realizadas.

3.2. ACTORES Y ROLES EN SIX SIGMA

Los actores y los roles en que se deben definir para la implemetación la metodología *Lean Sis Sigma* son aquellas personas que realizan diferentes actividades dentro del area de producción.

TABLA N°III. 1
ACTORES Y ROLES DEL EQUIPO *LEAN SIX SIGMA*

NOMBRE	ROL	CARACTERISTICAS
Líder de implementación	Dirección del comité directivo para 6 σ . Suele tener una jerarquía sólo por abajo del máximo líder ejecutivo de la organización.	profesional con experiencia en la mejora empresarial en calidad, es muy respetado en la estructura directiva.
Champions y/o patrocinadores	Gerentes de planta y gerentes de área, son los dueños de los problemas; establecen problemas y prioridades. Responsables de garantizar el éxito de la implementación de 6 σ en sus áreas de influencia.	Dedicación, entusiasmo, fe en sus proyectos, capacidad para administrar.
Master Black Belt (MBB)	Dedicados 100% a 6 σ , brindan asesoría y tienen la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la empresa. Dirigen o asesoran proyectos clave. Son mentores de los BB	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos.
Black Belt (BB)	Gente dedicada de tiempo completo a <i>Six Sigma</i> , realizan y asesoran proyectos.	Capacidad de comunicación. Reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos. Gente con futuro en la empresa.
Green Belt (GB)	Ingenieros, analistas financieros, expertos técnicos en el negocio; atacan problemas de sus áreas y están dedicados de tiempo parcial a 6 σ . Participan y lideran equipos Seis Sigma.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos (DMAMC), capacidad para dar seguimiento.
Yellow Belt (YB)	Personal de piso que tiene problemas en su área.	Conocimiento de los problemas, motivación y voluntad de cambio

Fuente: Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2013)

3.3. PRINCIPIOS DE *SIX SIGMA*

Según Gutiérrez & de la Vara (2013) menciona que para implementar esta metodología en cualquier organización se debe seguir doce características o principios. Estos principios se enuncian a continuación

1. **Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.** - *Six Sigma* es ante todo un programa gerencial que implica un cambio en la forma de operar y tomar decisiones. Por ello, la estrategia debe ser comprendida y apoyada desde los niveles altos de la dirección de la organización, empezando por el máximo líder de la organización.
2. ***Six Sigma* se apoya en una estructura directiva que incluye gente de tiempo completo.** - La forma de manifestar el compromiso por *Six Sigma* es

creando una estructura directiva que integre líderes del negocio, líderes de proyectos, expertos y facilitadores. Donde cada uno tiene roles y responsabilidades específicas para lograr proyectos de mejora exitosos.

3. **Entrenamiento.** - Deben tomar un entrenamiento amplio, que en general se conoce como el currículo de un *black belt*. La duración del entrenamiento es de entre 120 y 160 horas. Es frecuente organizar este entrenamiento en cuatro o cinco semanas.
4. **Acreditación.** – El proceso de acreditación de cada uno de los actores de *Six Sigma*, sólo bastaría agregar que es importante mantener el nivel de dificultad y no facilitar el alcance de cada distinción. Ser GB, BB, MBB o campeón debe implicar un esfuerzo, recibir entrenamiento y garantizar que se tienen los conocimientos y experiencia que exige la distinción.
5. **Orientada al cliente y con enfoque a los procesos.** - Otras de las características clave de *Six Sigma* es buscar que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en cantidad o volumen, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma.
6. ***Six Sigma* se dirige con datos.** - Los datos y el pensamiento estadístico orientan los esfuerzos en la estrategia *Six Sigma*, ya que los datos son necesarios para identificar las variables críticas de la calidad (VCC) y los procesos o áreas a ser mejorados. Las mejoras en la calidad no pueden ser implementadas al azar, por el contrario, el apoyo a los proyectos se asigna cuando a través de datos es posible demostrar que, con la ejecución del proyecto, la diferencia será percibida y sentida por el cliente.
7. ***Six 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 *Six Sigma* los proyectos se desarrollan en forma rigurosa con la metodología estructurada

8. **Six Sigma se apoya en entrenamiento para todos.** - El programa *Six Sigma* se apoya en entrenamiento para todos sobre la metodología DMAMC y sus herramientas relacionadas. Por lo general, la capacitación se da sobre la base de un proyecto que se desarrolla de manera paralela al entrenamiento, lo cual proporciona un soporte práctico.
9. **Los proyectos realmente generan ahorros o aumento en ventas.** - Un aspecto que caracteriza a los programas *Six Sigma* exitosos es que los proyectos DMAMC realmente logran ahorros y/o incremento en las ventas. Esto implica varias cosas: se seleccionan proyectos clave que en realidad atienden sus verdaderas causas, se generan soluciones de fondo y duraderas, y se tiene un buen sistema para evaluar los logros de los proyectos.
10. **El trabajo por Six Sigma se reconoce.** - *Six Sigma* se sostiene a lo largo del tiempo reforzando y reconociendo a los líderes en los que se apoya el programa, así como a los equipos que logran proyectos DMAMC exitosos.
11. **Six Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años.** - Por lo que no desplaza otras iniciativas estratégicas, por el contrario, se integra y las refuerza. Dadas las características de *Six Sigma* que hemos descrito, ésta es una iniciativa que debe perdurar y profundizarse a lo largo de varios años. La experiencia dice que esto es relativamente fácil, ya que *Six Sigma* es un enfoque muy poderoso para orientar y alinear los recursos para resolver los problemas críticos del negocio.
12. **Six Sigma se comunica.** - Los programas *Six Sigma* se fundamentan en un programa intenso de comunicación que genera comprensión, apoyo y compromiso, tanto en el interior de la organización como en el exterior (proveedores, clientes clave). Esto permitirá afianzar esta nueva filosofía en toda la organización, partiendo de explicar qué es *Six Sigma* y por qué es necesario trabajar por ella. Los resultados que se obtengan deben ser parte de este programa de comunicación.

3.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS Y DETERMINACIÓN DEL NIVEL SIGMA

3.4.1. Análisis de los Datos

Los datos que se analiza se obtienen de los diferentes cuadernos de control de la producción que tiene la empresa, cuaderno de control de la barbotina, cuaderno de control del polvo atomizado, cuaderno de control del prensado, cuaderno de línea de esmaltado y serigrafía, y cuaderno de análisis cualitativo de producto terminado.

Para el análisis y procesamiento de los datos se utiliza el software *Minitab 18*, de los datos a analizar se requiere obtener el índice de capacidad de las diferentes variables que tiene el proceso, así como la media, desviaciones estándares, partes por millón de los defectos (PPM).

3.4.2. Determinación del Nivel Sigma

Según Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2013) para calcular el nivel sigma se debe tener el PPM y reemplazarlo en la siguiente formula:

$$\text{Nivel de Calidad sigma: } Z_c = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \ln(\text{PPM})}$$

Para el cálculo del nivel sigma de la variable analizada, se necesita el PPM para despues reemplazaren la formula anteriormente descrita. De esa manera se podrá medir el nivel sigma que tiene la variable y al implementar la proyectos de mejora *Lean Six Sigma* se espera incrementar el nivel sigma de esa varible.

**DESCRIPCIÓN
Y ANÁLISIS
DEL PROCESO PRODUCTIVO**

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO

En este capítulo se describe al entorno, la empresa y al proceso productivo. Además, se realiza un diagnóstico de la capacidad del proceso de las variables más críticas.

4.1. DESCRIPCIÓN EXTERNA DE LA EMPRESA

CERABOL es una empresa liviana y se esta alineandose a una gestion mas formal, en 2018 las empresas del rubro ceramicos se reunieron por primera vez para expresar la preocupación por el ingreso desmedido de cerámicas de China y Brasil. ELDEBER (2018) (párrafo, sexto-septimo)

Según el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (2021) se promulgo el decreto supremo 4514 que modifica el Gravamen Arancelario para la importación de baldosas cerámicas y envases de vidrio, para proteger y apoyar la producción nacional. Subiendo los aranceles de importacion para las ceramicas de 10% al 25%. (párrafo, primero-segundo)

TABLA N° IV. 1

IMPORTACIÓN DE CERÁMICA SEGÚN PAÍS DE ORIGEN

(expresado en Kilogramos brutos y millones de dólares americanos)

País de origen	2019 (p)		2020 (p)		2021 (p)	
	Kg. Bruto	\$US	Kg. Bruto	\$US	Kg. Bruto	\$US
BRASIL	48.543.611	14.737.219	36.851.003	11.633.933	43.471.800	13.686.645
CHINA	52.961.028	13.400.104	29.942.282	8.295.068	9.024.862	3.761.428
ESPAÑA	2.598.488	1.525.282	2.587.317	1.620.841	1.477.980	1.035.046
ALEMANIA	401.655	615.769	845.696	1.333.780	519.945	791.321
OTROS	8.425.540	5.235.155	4.993.431	3.515.335	6.224.595	3.606.996
TOTAL	112.930.322	35.513.529	75.219.729	26.398.957	60.719.182	22.881.436

Fuente: Adaptado de (Nueva Economía, 2021) Nota. Importacion de productos ceramicos para construccion según pais de origen periodos 2019-2020 y avance al mes de Julio de 2021

Si bien el contrabando en Bolivia no es un fenómeno nuevo, parece haberse intensificado a raíz de las restricciones impuestas por la pandemia, que complicó las operaciones fronterizas ilícitas y activó la demanda de diversos productos a bajo precio, lo que indica que el mercado negro en el país, es impulsado por la necesidad económica. (Nueva Economía, 2021, p. 12)

4.2. DESCRIPCIÓN INTERNA DE LA EMPRESA

Según CERABOL (2020) se describirá la historia de la empresa, su filosofía, estructura organizativa, productos que fabrica, descripción del proceso de producción y descripción del control de calidad de la empresa.

4.2.1. Historia

En el 2010 CERABOL celebró sus 40 años de vida, asumiendo el mayor desafío de su historia: poner en marcha su segunda planta industrial, la cual lleva el nombre de Cerámica Rafaela, una unidad moderna y eficiente la cual fue inaugurada en 2011, esta planta permitió duplicar la capacidad productiva y aumentar la variedad de tamaño, diseños, tonos y estilos para acompañar las últimas tendencias del mercado. A final del 2014 con un portafolio de productos totalmente introducidos en el mercado CERABOL decide tomar otro gran paso con la construcción de la segunda línea de producción con la cual se pretendía incrementar la producción y con ello las utilidades. La misma fue inaugurada en septiembre del 2016.

4.2.2. Filosofía de la empresa

Misión. - Producir de manera responsable pisos y revestimientos de la más alta calidad para embellecer y realzar los ambientes de las personas.

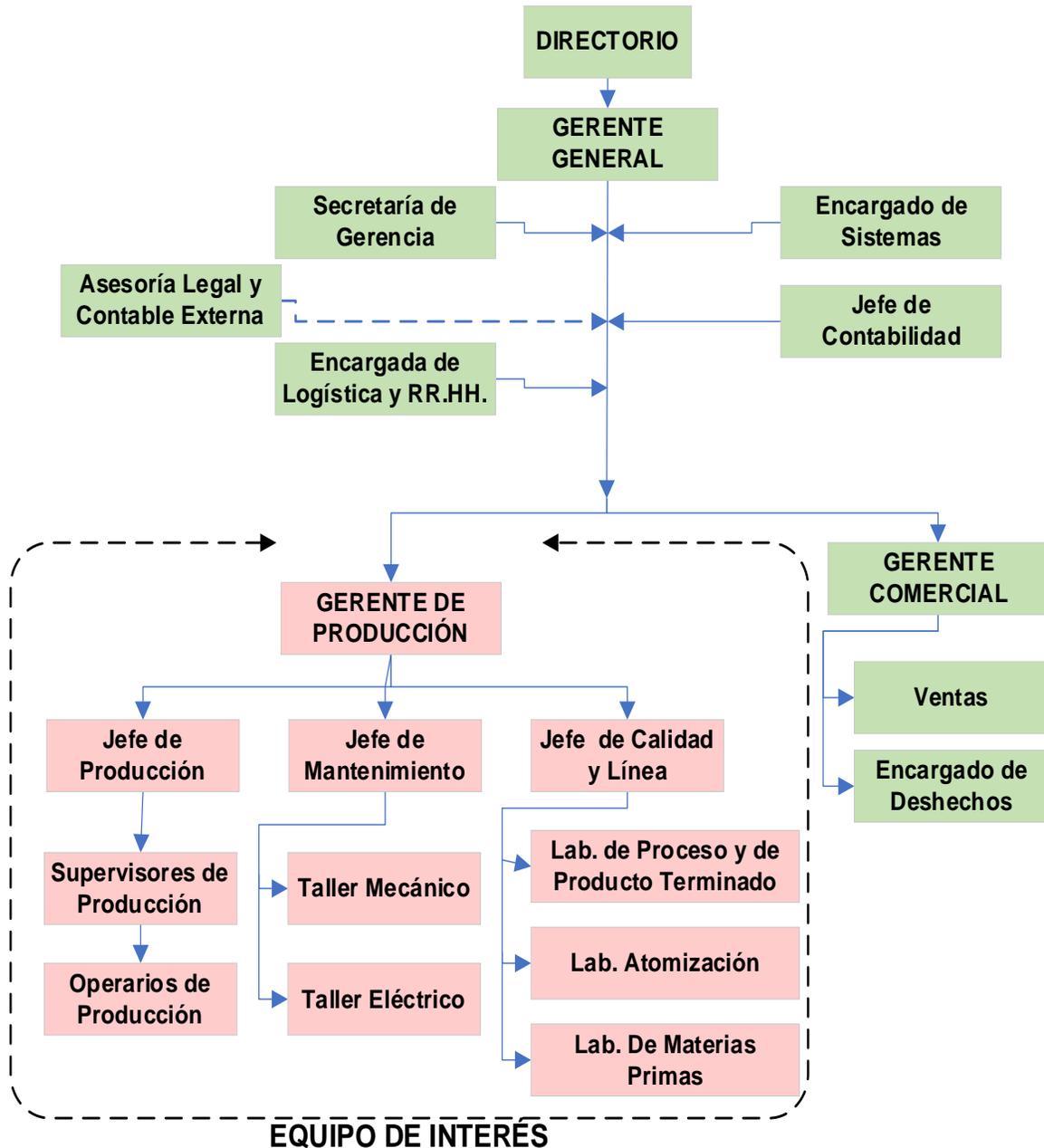
Visión. – consolidarnos como líderes en cuanto a calidad, respondiendo a la demanda del mercado nacional e internacional, fortaleciendo un modelo de negocio, eficiente y responsable.

Valores. – Honestidad, dedicación, ética, compromiso con el cliente, transparencia

4.2.3. Organigrama de la empresa

La empresa CERÁMICA RAFAELA S.R.L., tiene una estructura organizativa que se presenta a continuación

DIAGRAMA N° IV 1
ORGANIGRAMA CERÁMICA RAFAELA S.R.L.

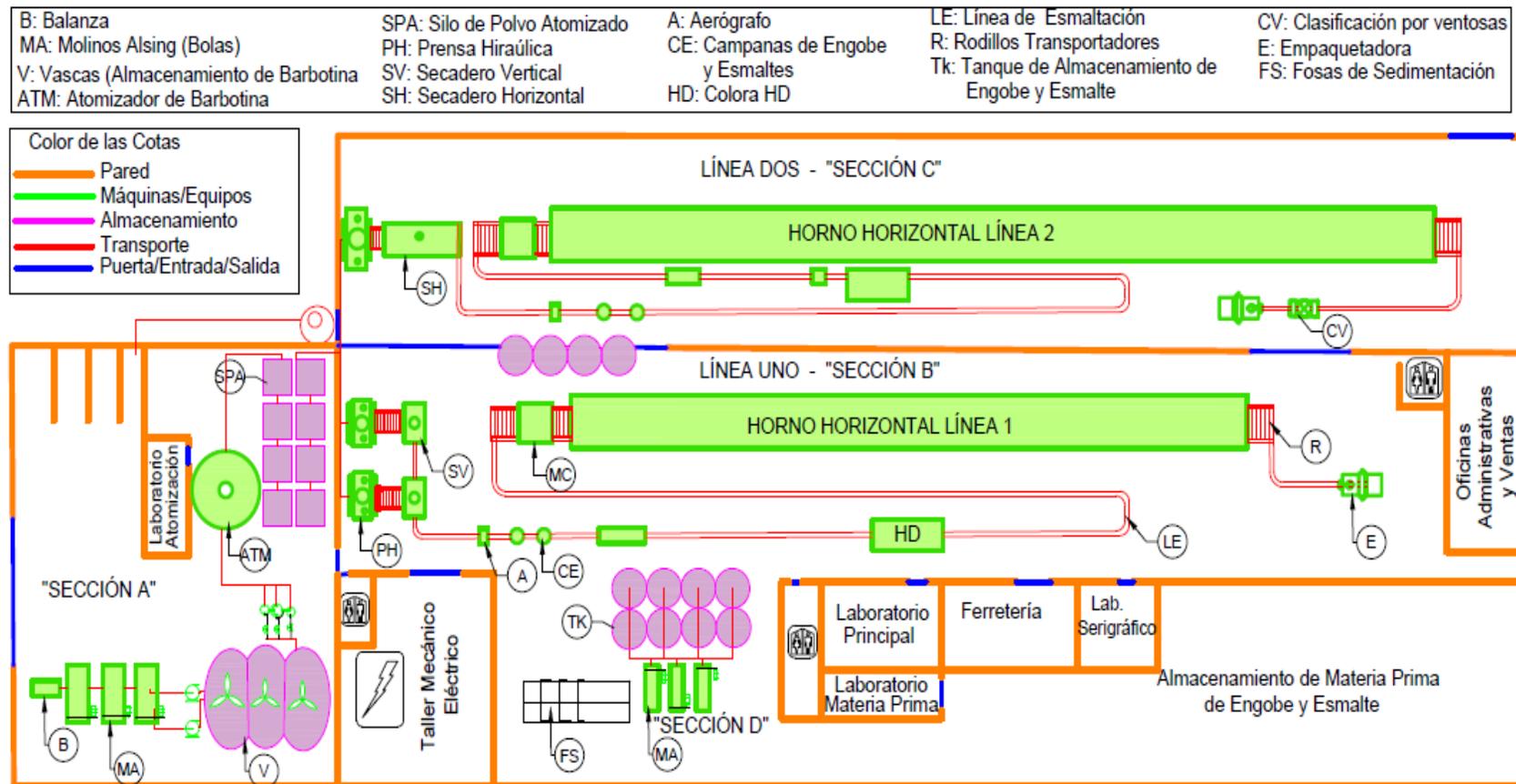


Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L

4.2.4. Esquema del Proceso Productivo

FIGURA N° IV. 1

ESQUEMA DEL PROCESO PRODUCTIVO (VISTA SUPERIOR)



Fuente: Elaboración Propia

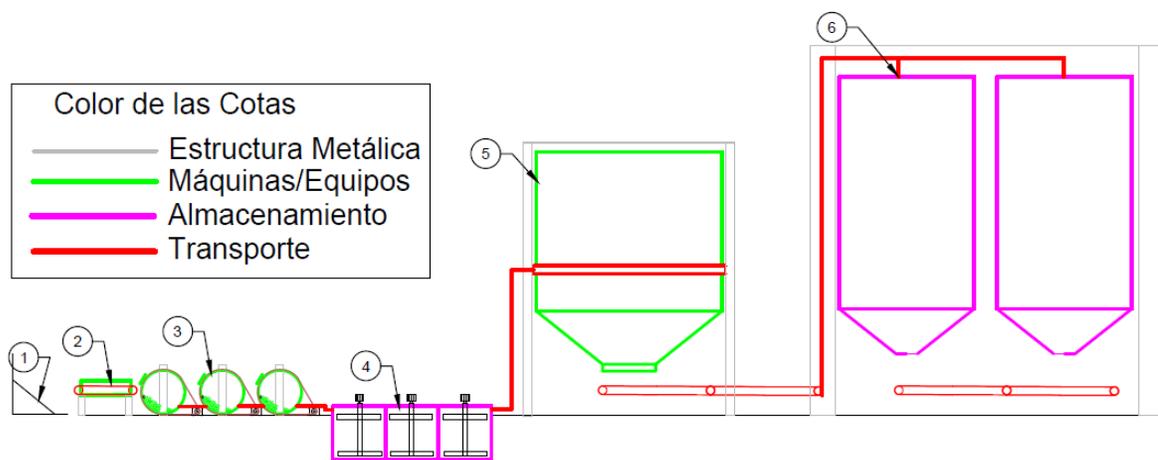
4.2.4.1. Descripción secuencial de los equipos de la SECCIÓN "A"

La sección "A", es la de pesado de las arcillas, molienda discontinua en húmedo de las arcillas que da como resultado la Barbotina, y posteriormente el atomizado de la barbotina, para su posterior almacenamiento en los silos durante aproximadamente cuarenta y ocho horas.

A continuación, se muestra la FIGURA N°IV. 2, que muestra la secuencia con la cual están distribuidos los equipos para que cumplan con su función, producir grano atomizado con granulometría y humedad uniforme.

FIGURA N° IV. 2

SECCIÓN A



Fuente: Elaboración Propia

Analizando el grafico SECCIÓN "A", se obtiene la siguiente información

1. Acopio temporal de las arcillas
2. Balanza para pesar la cantidad exacta de cada tipo de arcilla
3. Tres molinos Alsing, en estos molinos se muele la arcilla acompañada con agua (Barbotina), durante un tiempo de tres horas
4. Tres Vascas, que están hechas de concreto y que sirve como almacenamiento de la Barbotina.

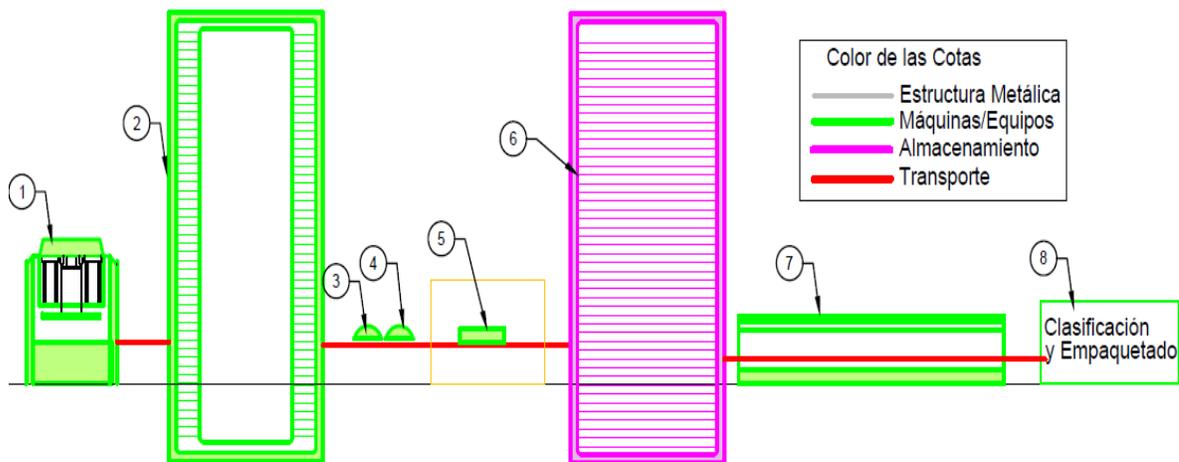
5. Atomizador, es un equipo que se encarga de pulverizar la Barbotina, saliendo de este grano de arcilla con un diámetro aproximado 450 microgramos y con una humedad aproximada entre 6.5% y 7.5%.
6. Silos de almacenamiento, es donde reposa el grano de arcilla durante dos días.

4.2.4.2. Descripción de las actividades y equipos de la SECCIÓN “B”

La SECCIÓN “B”, es la primera línea de producción que se inauguró en abril del 2011.

FIGURA N° IV. 3

SECCIÓN B



Fuente: Elaboración propia

La figura anterior muestra la secuencia de los equipos y maquinas según la secuencia de actividades

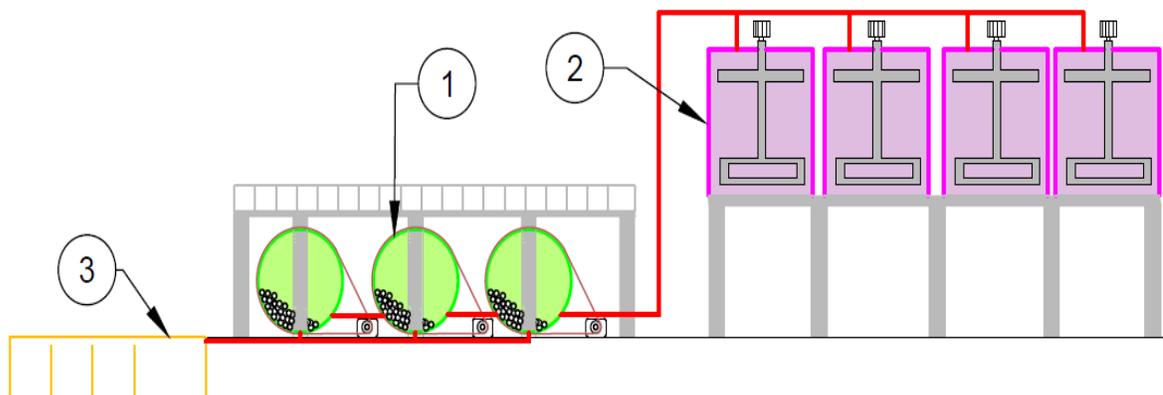
1. Prensa hidráulica para la conformación de la baldosa.
2. Secadero vertical que seca a las baldosas de una humedad de aproximadamente 6.5% a una humedad menor al 1%. y además de darle una temperatura de 100°C aproximadamente.
3. Campana de engobe, donde se le aplica engobe a la pieza que circula sobre una línea. El flujo del engobe es continuo.

4. Campana de esmalte, después de que la pieza es engobada y siguiendo sobre la misma circulación de la línea, la pieza es esmaltada.
5. Colora HD, diseño de baldosas e impresiones en alta definición sobre la baldosa.
6. Compenser vertical de planos, donde se acumula las piezas por planos.
7. Horno horizontal tipo túnel, donde se da la cocción de la pieza hasta llegar a una temperatura aproximada a los 1160° C
8. Clasificación y empaquetado, las piezas de primera calidad son separadas de las de segundas y estas de las de la tercera calidad. Asimismo, son paletizadas de igual forma, en palet diferentes.

4.2.4.3. Descripción de la SECCIÓN “D”

La sección “G” es la sección donde se muelen o mezclan los diferentes compuestos para crear engobes y esmaltes.

FIGURA N° IV. 4
SECCIÓN D



Fuente: Elaboración propia

1. Molinos Alsing (bolas de Alumina)

- 2. Tanques de almacenamiento de engobe o esmaltes
- 3. Decantadores, los engobes o esmaltes que se desperdician en el piso ya sea por lavar y a través de una zanja que lo conecta con las fosas de decantación.

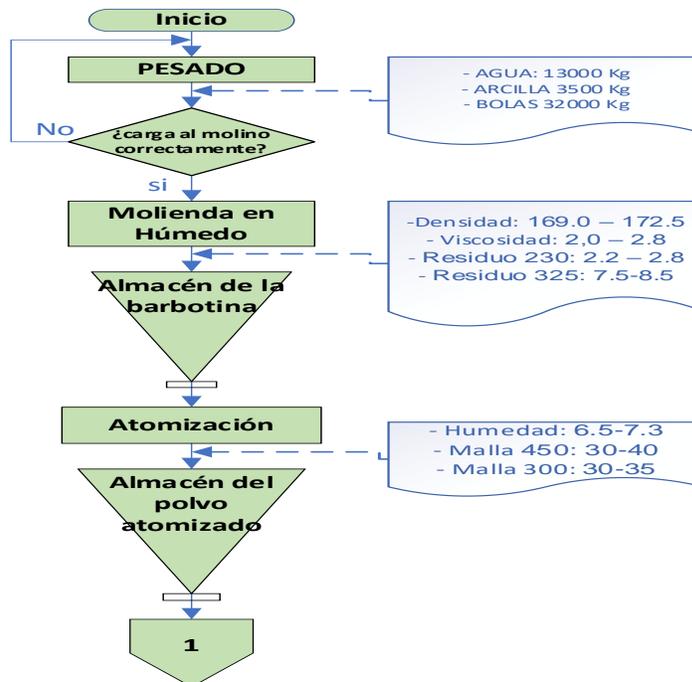
4.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Se dará una descripción breve del proceso de producción de pisos y revestimientos cerámicos que tiene la empresa Cerámica Rafaela S.R.L., a partir de la descripción se podrá ver las actividades que se realizan dentro del proceso y a partir d esta información aplicar los análisis para poder aplicar de manera adecuada la metodología.

La descripción de los procesos se apoya en diagramas, es por ello que se presentara a continuación un diagrama de bloques del proceso.

DIAGRAMA N° IV. 2

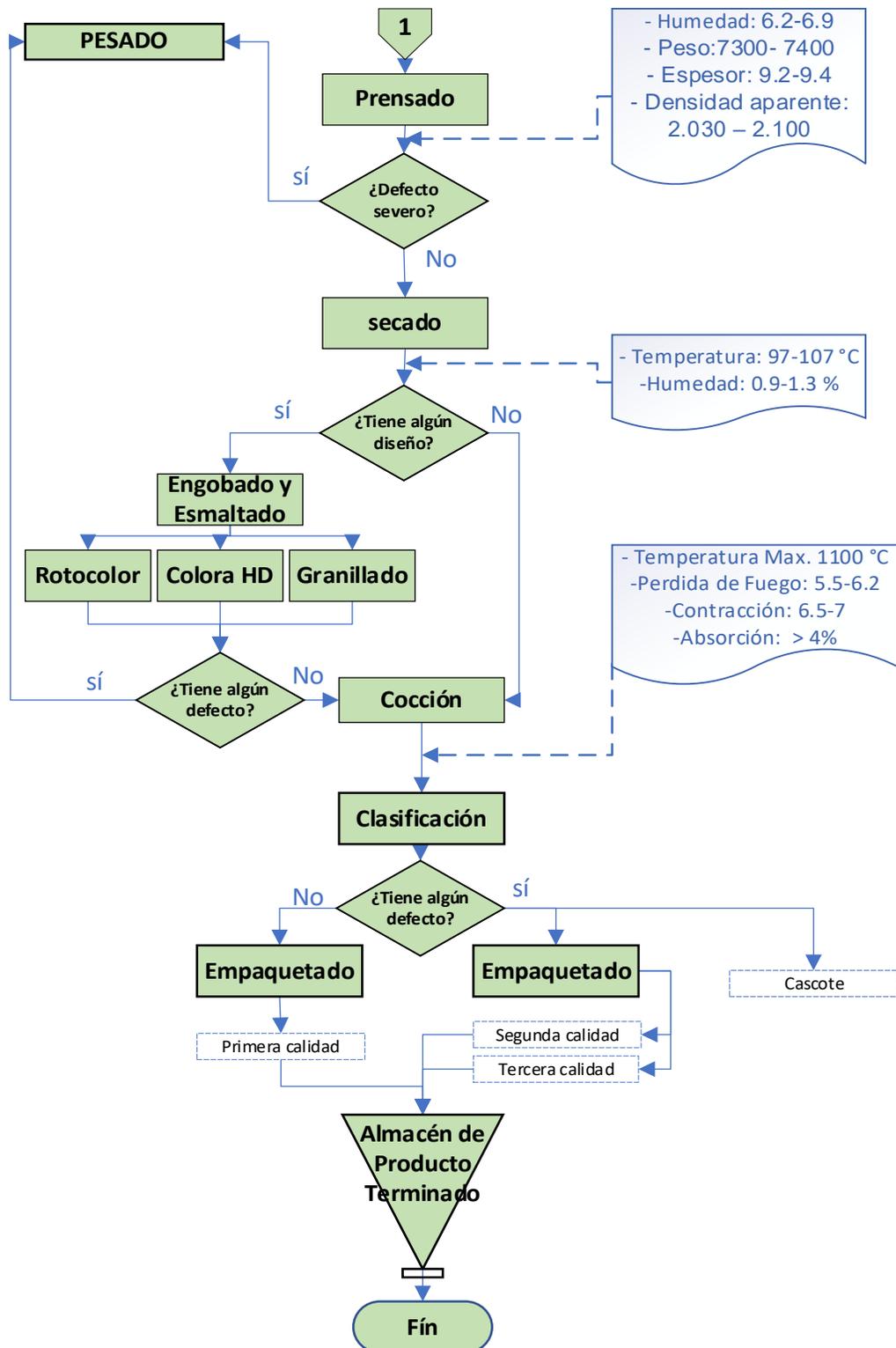
DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO



Continúa...

Continuación...

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL PROCESO



Fuente: Elaboración Propia

4.3.1. Recepción de la materia prima

la recepción de la materia prima utilizada es la arcilla. Hay cuatro tipos de arcilla, bajo residuo, alto residuo, chaco pampa grande y chaco Samaipata.

Todos los días llegan volquetas con arcilla la cual es almacenada en la parte trasera de la empresa al aire libre. Tiene que tener un periodo de tres años de maduración para que esta esté apta para el proceso. Cuando es apta mediante tractores y volquetas lo lleva al siguiente proceso, molienda.

4.3.2. Dosificación y molienda

Al iniciar esta etapa del proceso primero se pesa las arcillas, como resultado final se tiene que tener 16500 kilogramos de arcilla. Después se le añade agua limpia 7200 kilogramos, después se le hecha defloculante 300 kilogramos, y por último se añade agua recuperada 7200 kilogramos.

4.3.3. Tamizado y almacenamiento de la Barbotina

La barbotina es descargada de los molinos mediante mangueras impulsadas por bombas de membrana hacia los tanques de almacenamiento, denominados vascas.

4.3.3.1. Control de las características críticas de calidad de la barbotina

Este control se lo realiza una vez por turno y el objetivo principal es determinar la densidad, viscosidad, residuo 230 μm y 325 μm . La cantidad de muestra que se toma es de aproximadamente medio litro de barbotina

TABLA N°IV. 2
PARÁMETROS DE CONTROL DE LA BARBOTINA

Muestra	Densidad (g/cm³)	Viscosidad (cP)	Residuo 230 (μm)	Residuo 325 (μm)
Barbotina (vasca 3)	169.0 – 172.5	2,0 – 2.8	2.2 – 2.8	7.5 – 8.5

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.3.4. Atomizado

Es un proceso físico en el cual la Barbotina obtenida por molienda de las materias primas en suspensión acuosa se seca en proceso gestionado de manera continua y automática, que permite la obtención de un producto con contenido de humedad controlado, con una forma y granulometría ideal para la siguiente fase de prensado.

Las dimensiones de los granos que en su conjunto constituyen el polvo atomizado se sitúan entre 100 a 600 micras, con una distribución estática muy pronunciada en el intervalo entre 300 a 180 micras.

El polvo atomizado es almacenado en silos, el cual debe permanecer dos días para que se estabilice, y posteriormente pase a la siguiente etapa del proceso.

4.3.4.1. Control de las características críticas de calidad del grano atomizado (Granulometría)

Este análisis se realiza con el objetivo de determinar el porcentaje de los tamaños de los granos del polvo atomizado y la humedad con la cual se va a almacenar el grano de arcilla.

Para este análisis se toma una muestra de grano atomizado aproximadamente unos 600 gramos. Posteriormente se determina la humedad mediante la utilización de una termobalanza (5.5 gramos). Y al termoblender de pesa 100.2 gramos de grano atomizado y posteriormente se pesa el contenido de grano que quedo en cada tamiz.

TABLA N°IV. 3
PARÁMETROS DE CONTROL DEL GRANO ATOMIZADO

Muestra	Cantidad (gramos)	Humedad (%)	Mallas en μm .						
			600	450	300	250	180	125	< 125
Atomizador	100.2	6.5-7.3	10-15	30-40	30-35	5-10	5-10	3-5	1.5-3

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.3.5. Prensado

El prensado es el proceso de conformación de las piezas en seco mediante el uso de una prensa hidráulica. Este procedimiento de formación de piezas opera por acción de una compresión de la pasta en el molde, el sistema de prensado se basa en prensas que realizan el movimiento contra la matriz por medio de compresión de aceite.

El equipo utilizado es una prensa hidráulica que desempeña la función de compactación en el ciclo de producción que opera a 200 - 250 bar de presión, consta de tres moldes isostáticos para la conformación de la baldosa. El ciclo de operación es de variables.

4.3.5.1. Control de las características críticas en el prensado

Se realiza controles de porcentaje de humedad de grano de arcilla, control de peso y espesor de la baldosa prensada, control de la densidad aparente.

TABLA N° IV. 4
PARÁMETROS DE CONTROL DEL PRENSADO

Muestra	Humedad de polvo (%)	Peso (g.)	Espesor (mm)	Densidad aparente (g/ml)
Baldosa prensada	6.2 – 6.9	7300-7400	9.2 – 9.4	2.030 – 2.100

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.3.6. Secado

La pieza cerámica una vez conformada se somete a una etapa de secado, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas formadas, para que en las fases de cocción el esmaltado se desarrolle adecuadamente

El secado se realiza por un flujo de aire caliente generado por ventiladores y quemadores que, aprovechando el intercambio por convección con las baldosas, permite obtener un producto adecuado, por lo tanto, con baja humedad, buena resistencia mecánica y determinados valores de temperaturas.

4.3.6.1. Control de las características críticas de calidad de baldosas secas

El objetivo de este análisis es determinar el tamaño, la humedad, peso de las baldosas.

**TABLA N° IV. 5
PARÁMETROS DE CONTROL DEL SECADO**

Muestra	Humedad (%)	Peso (gr)	Tamaño (mm)
Baldosas secas	0.50 – 0.95	6930 - 6970	641.7 – 642.0

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.3.7. Línea de esmalte y diseño

según el tipo de producto que se quiera producir se utiliza diferentes tipos de engobes, esmaltes, colores, etc. Incluso se utiliza distintos equipos en la mayoría de las veces.

Una línea de esmaltado se compone de un sistema de transporte por correa, acotado en los extremos por un dispositivo de alimentación de entrada y uno de recogida a la salida, a lo largo del cual se encuentran dispuestos los equipos de aplicación.

Rehumidificación. - Se inyecta agua a las baldosas por medio de humectadoras hídricas para darle más capacidad de absorción al engobe

Engobado. - La aplicación de un engobe antes del esmalte es útil para limitar eventuales fenómenos de desgasificación o para evitar el contacto con el esmalte de sustancias contaminantes presentes en el soporte.

Una capa uniforme de engobe se distribuye a veces sobre la cara inferior de las baldosas para aislarlas y evitar así el contacto directo con los rodillos

Esmaltado. – Tiene como objetivo tapar el poro de la materia cerámica, dotándola de impermeabilidad, y añadiéndole belleza, dureza a las inclemencias ambientales.

Diseño. – Colora HD, es una maquina es una decoradora digital destinada a la impresión de soporte de tipo cerámico con la aplicación controlada y sincronizada de tintas sobre la cerámica obteniendo un acabado perfecto. El software de este equipo permite imprimir archivos digitales en alta definición en multicolor a través de diferentes módulos de impresión.

La máquina está constituida esencialmente por un transporte de correas para el movimiento del producto, de una estación de impresión digital.

4.3.7.1. Control de las características críticas de calidad para la aplicación de engobe y esmalte

Dependiendo del producto que se quiera producir, la línea de esmalte tiene varios equipos los cuales para algunos productos no se utilizan todos.

TABLA N° IV. 6
PARÁMETROS DE CONTROL EN EL ENGOBADO Y ESMALTADO

Muestra	Campanas de engobe y esmalte			Protectivas		
	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (Seg.)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad (S.)	Peso (g)
Esmaltado	1.80-1.84	30 – 40	30 - 35	1.15–1.28	12 – 15	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.3.8. Cocción

La cocción es un proceso físico – químico, que se realiza a través de la propagación de calor dentro del horno y en la masa de los productos cerámicos, es la operación fundamental del proceso tecnológico, ya que da origen al material cerámico, transformando las materias primas de la pasta en nuevos compuestos cristalinos y vítreos que confieren al producto cocido unas propiedades concretas: La insolubilidad y la solidez que garantizan el mantenimiento de la forma.

Durante el proceso de cocción, se pueden identificar zonas térmicas críticas, a causa de las reacciones de tipo genéricamente químico que se puedan desarrollar:

- Hasta 200 °C, eliminación del agua zeolítica o de cristalización, cuyas moléculas están ligadas por absorción en las estructuras cristalinas.
- Entre 350 y 650 °C, combustión de las sustancias orgánicas, que pueden estar presentes en diferentes proporciones en las arcillas y la disociación oxidante de los sulfuros minerales (ej. Pirita FeS_2) con la liberación de anhídrido sulfuroso.
- Entre 450 y 650 °C, eliminación del agua de constitución (deshidroxilación).
- A 573°C, transformación alotrópica del cuarzo α en β , que genera un brusco aumento de volumen.
- A partir de 700 °C, formación de nuevas fases cristalinas constituidas por el SiO_2 de los silicatos y silicoaluminatos complejos.
- A partir de aproximadamente 900 °C, disociación térmica de las otras sales presentes, como los sulfatos y fluoruros.
- Entre 800 y 950°C la descarbonatación de la cal y de la dolomita con liberación de CO_2 .
- La solubilización del cuarzo es evidente a 950°C, aumenta la intensidad a temperaturas más altas.
- Si se alcanzan temperaturas superiores a 1000 °C, se pueden evaporar algunos componentes de las pastas y los revestimientos como los óxidos alcalinos, el óxido de plomo, el óxido de zinc, el anhídrido bórico.
- Una o más fases líquidas (vítreas) están presentes a partir de 900°C que aumenta progresivamente al aumentar la cocción, debido a la destrucción total o parcial de todos los componentes mineralógicos de la materia prima que ocurre ya a los 1000°C y también de la solubilización casi completa del cuarzo. El material en este momento está constituido principalmente de fases amorfas y vítreas.
- El feldespato está presente a 1000°C, aunque ya bastante debilitado y se termina de solubilizar a los 1100°C.

- A temperatura de 1100 – 1150°C empieza a cristalizar la mulita (estructura que contiene alúmina y otros óxidos).

4.3.9. Clasificación y paletizado

En esta etapa del proceso, se conoce a cabalidad el producto que se entregara al cliente, y por lo tanto su clasificación es de vital importancia.

4.3.9.1. Selección visual cualitativa

En esta operación existe un encargado que distingue visualmente si tiene fallas y la marca de acuerdo a calidad. La siguiente tabla muestra los diferentes defectos cualitativos que puede tener un lote de producción.

TABLA N° IV. 7
DEFECTOS CUALITATIVOS EN BALDOSAS

Defectos Cualitativos	
Contaminación de Horno	Gota de Esmalte
Contaminación de Arcilla	Pinchado
Contaminación de Esmalte	Punta Quebrada
Grumo	Sordo
Contaminación de Aceite	Torcido
Descentrado	Fisura
Falla HD	Arcilla Prensada
Raspado	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L

4.3.9.2. Selección nominal

En esta sección se tiene una maquina automática, provista de una serie de sensores que miden la pieza y la identifican a través de un computador y le asigna un código.

4.4. DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD

Se realizará una descripción de control de calidad durante el proceso y descripción de control de calidad al producto terminado

4.4.1. Descripción del control de calidad durante el proceso

El control de calidad durante el proceso es una necesidad debido a que las materias primas deben ser controladas en todo momento para que exista el mínimo porcentaje de producto terminado no conforme o que el producto sea rechazado durante el proceso.

A continuación, se presenta la secuencia con la cual se realiza los controles durante el proceso.

DIAGRAMA N° IV. 3

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD



Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.1. Control de calidad sobre la barbotina

La siguiente tabla muestra un resumen del control de calidad de la barbotina

TABLA N° IV. 8

PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA BARBOTINA

CONTROL DE CALIDAD DE LA BARBOTINA	
1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA	
1.1. LUGAR	Laboratorio de atomización
1.2. FRECUENCIA	Una vez por turno
1.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA	500 ml. Aproximadamente
2. MÉTODO DE ANÁLISIS	
2.1. Objetivo y campo de aplicación	
Este análisis establece el método para determinar la densidad, viscosidad y residuo de la muestra de barbotina	
2.2. APARATOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Picnómetro 200 g., 100 CC. • Copa Ford • Cronómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamiz 230 micras • Tamiz 325 micras • Balanza analítica
2.3.1. Procedimiento para determinar la Densidad	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar el picnómetro completo y vacío. Este Sera p1 • Llenar el picnómetro con la muestra hasta el borde, colocar la tapa para retirar el exceso. • Limpiar, secar y pesar. Este será P2 • Densidad (gr/cm) = (P2-P1) /100. 	
2.3.2. Procedimiento para determinar la Viscosidad	
Se llena la copa con el líquido a controlar, se deja caer el líquido y al mismo tiempo se pone en funcionamiento el cronometro y se detiene cuando el recipiente (Copa Ford) se vacía; se lee el tiempo que marca el cronometro.	
2.3.3. Procedimiento para determinar el residuo 230 micras	
Se tamizan a través de una malla 230 micras, 100 g de barbotina; se saca el residuo hasta peso constante y se pesa. Utilizar el mismo procedimiento para el Tamiz 325.	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L

4.4.1.2. Control de calidad de la granulometría del polvo atomizado

La siguiente tabla muestra un resumen sobre el control de calidad del grano atomizado

TABLA N° IV. 9

PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD AL GRANO ATOMIZADO

1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA	
1.1. LUGAR	Laboratorio de atomización
1.2. FRECUENCIA	Una vez por turno
1.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA	500 g Aproximadamente.
2. MÉTODO DE ANÁLISIS	
2.1. Objetivo y campo de aplicación	
Este análisis establece el método para determinar el tamaño de grano o granulometría que posee el polvo atomizado.	
2.2. APARATOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Tamices (600, 425, 300, 250, 180, 125) micras • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Termobalanza

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.....continuación

TABLA N° IV. 9a

PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD AL GRANO ATOMIZADO

CONTROL DE CALIDAD DE LA GRANULOMETRÍA
2.2.1. Procedimiento para determinar el % de humedad de la muestra
<ul style="list-style-type: none"> Se pesa 5 gramos de la muestra en un recipiente adecuado previamente tarado. Luego se lo programa a la termobalanza para cálculo de humedad.
2.2.2. procedimiento para determinar el tamaño de grano
<ul style="list-style-type: none"> Se saca una muestra de polvo atomizado hasta un peso constante. Se pesa 100 gr. de polvo seco y se realiza la determinación granulométrica en la columna de tamices apropiada, formada por una serie de tamices. Para poder saber si el polvo atomizado es de buena calidad la mayor diferencia de residuo tiene que estar en el tamiz de 0,425 y 0,300 mm ocupando en promedio 35,02 y 31,65 g respectivamente de residuo del total de la muestra.

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.4.1.3. Control de calidad sobre el prensado de las baldosas

La siguiente tabla muestra el método para controlar la calidad del prensado.

TABLA N° IV. 10

PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD A LA COMPACTACIÓN

CONTROL DE CALIDAD DE LA PENETROMETRÍA (PRENSADO)
1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA
1.1. LUGAR Área de prensado
1.2. FRECUENCIA Una vez por turno
1.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA 1 baldosa por cada molde
2. MÉTODO DE ANÁLISIS
2.1. Objetivo y campo de aplicación
Este análisis establece el método para determinar la uniformidad de compactación de la prensa en las dos etapas de compactación.
2.2. APARATOS
<ul style="list-style-type: none"> Penetrómetro
2.3. Procedimiento para determinar la Penetrometría
<ul style="list-style-type: none"> El penetrómetro aplica una carga normalizada (de 2 a 4 Kg/cm²) sobre una sonda cilíndrica (aguja) de sección seleccionable, se puede registrar, por un micrómetro electrónico o analógico, la penetración en varias partes de la baldosa prensada. Cuanto mayor es el número de puntos controlados, mejor será el cuadro que se pueda obtener de la homogeneidad de prensado

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.4.1.4. Control de calidad sobre el peso y espesor de las baldosas prensadas.

La siguiente tabla muestra el método para controlar la calidad del espesor en el prensado.

**TABLA N° IV. 11
PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD AL PESO Y ESPESOR
EN EL PRENSADO**

CONTROL DE CALIDAD DEL PESO Y ESPESOR (PRENSADO)	
1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA	
1.1. LUGAR	Área de Prensado
1.2. FRECUENCIA	Una vez por turno
1.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA	1 baldosa por cada molde
2. MÉTODO DE ANÁLISIS	
2.1. Objetivo y campo de aplicación	
Este análisis establece el método para determinar el peso y el espesor de la baldosa prensada.	
2.2. APARATOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Calibrador para espesor 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica
2.3.1. Procedimiento para determinar el peso	
Tomar las muestras de manera aleatoria una de cada molde y pesarlos en una balanza analítica	
2.3.2. Procedimiento para determinar el espesor	
Tomar las muestras de manera aleatoria una de cada molde, y medir los extremos y medios de cada lado de los cuatro lados de la baldosa. Repetir para cada baldosa de cada molde. De una baldosa se toma nueve mediciones de la baldosa	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.4.1.5. Control de la calidad de la densidad aparente

La siguiente tabla muestra el método para controlar la calidad de la densidad aparente otra manera de medir la compactación de las baldosas prensadas. Este control de calidad permite tener una uniformidad en el prensado

TABLA N° IV. 12

PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD A LA PENETROMETRÍA

CONTROL DE CALIDAD DEL LA DENSIDAD APARENTE (PRENSADO)		
1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA		
1.1.	LUGAR	Laboratorio principal
1.2.	FRECUENCIA	Una vez por turno
1.3.	TAMAÑO DE LA MUESTRA	1 baldosa por cada molde
2. MÉTODO DE ANÁLISIS		
2.1. Objetivo y campo de aplicación		
Este análisis establece el método para determinar el peso por unidad de volumen de polvo, incluyendo la fase sólida, la porosidad de los granos individuales, y el aire entre las partículas individuales.		
2.2. APARATOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Densímetro analítico 		
2.3. Procedimiento para determinar el peso		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el densímetro tenga suficiente glicerina, como para que alcance a todas las piezas de la baldosa. • Fraccionar a la baldosa en nueve pedazos pequeños, con un área aproximada de 16 cm². • Sumergir cada pedazo de la pieza en la glicerina y anotar el resultado que aparece en el densímetro 		

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.4.1.6. Control de calidad para determinar el porcentaje de humedad de la baldosa seca

La siguiente tabla muestra el método para controlar el porcentaje de humedad que tiene la baldosa al salir del secadero.

La baldosa es tomada de la línea de producción previo al registro de temperatura y seccionada en pedazos más pequeños para tener una cantidad optima de muestra. La tabla siguiente muestra el procedimiento realizado para determinar el porcentaje de humedad de las baldosas que salen del secadero.

TABLA N° IV. 13
PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD A LA BALDOSAS
SECAS

CONTROL DE CALIDAD A LA BALDOSA SECA (% DE HUMEDAD)	
1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA	
1.1. LUGAR	Salida del secadero
1.2. FRECUENCIA	Dos veces por turno de ocho horas
1.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA	1 baldosa
2. MÉTODO DE ANÁLISIS	
2.1. Objetivo y campo de aplicación	
Este análisis establece el método para determinar el porcentaje de humedad y la temperatura de la baldosa	
2.2. APARATOS	
• Triturador de baldosa seca (Tacú)	• Termobalanza
2.3. Procedimiento para determinar el porcentaje de humedad	
<ul style="list-style-type: none"> • Sacar una pieza que sale del secadero de manera aleatoria. Tomar una parte de la pieza (1/10). • Triturar la pieza en el Tacú hasta que este polvo, y posteriormente medir 5 gramos en la termobalanza para que esta pueda determinar el porcentaje de humedad de la baldosa. 	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.4.1.7. Control de calidad para determinar el porcentaje de contracción y el porcentaje de pérdida de fuego

La siguiente tabla muestra el método para controlar la calidad de la contracción y la pérdida de fuego en baldosas cocidas

TABLA N° IV. 14
PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD A LA CONTRACCIÓN Y
AL PÉRDIDA DE FUEGO

CONTROL DE CALIDAD A LA CONTRACCIÓN Y PÉRDIDA DE FUEGO (COCCIÓN)	
1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA	
1.1. LUGAR	Salida del horno- Laboratorio principal
1.2. FRECUENCIA	Dos veces por turno de ocho horas
1.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA	1 baldosa por cada molde de prensa
2. MÉTODO DE ANÁLISIS	
2.1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	
Este análisis establece el método para determinar el porcentaje de contracción y al porcentaje de masa que perdió la pieza en la cocción	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.continuación

TABLA N° IV. 14a
PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD A LA CONTRACCIÓN Y
AL PÉRDIDA DE FUEGO

CONTROL DE CALIDAD A LA CONTRACCIÓN Y PÉRDIDA DE FUEGO (COCCIÓN)	
2.2. APARATOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Calibrador digital en mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica
2.3.1. Procedimiento para determinar la contracción	
<ul style="list-style-type: none"> • Para poder analizar el porcentaje contracción, se debe hacer un seguimiento a la baldosa desde que sale del prensado, realizar mediciones de tamaños a la salida del secadero donde se obtiene el tamaño 1 (T1) • Una vez que estas piezas salen de todas las etapas del proceso se los mide nuevamente donde se obtiene el tamaño 2 (T2). • El porcentaje de contracción es igual al $((T1-T2) / T1) * 100$ 	
2.3.2. Procedimiento para determinar la pérdida de fuego	
<ul style="list-style-type: none"> • Las mismas baldosas que se utilizaron para determinar la contracción se utiliza para determinad el porcentaje de la perdida de fuego. • La diferencia es que, en vez de medir tamaños, se mide el peso. Peso 1, el que sale del secadero (P1). Peso 2, el que sale del horno (P2) • El porcentaje de la perdida de fuego es igual al $((P1-P2) / P1) * 100$ 	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

4.4.2. Control de calidad al producto terminado

El control de calidad que se realiza al producto terminado son los siguientes: módulo de ruptura, luneta, peso, tamaños, resistencia a la abrasión, absorción.

TABLA N° IV. 15
PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD AL MÓDULO DE
RUPTURA Y ABSORCIÓN

CONTROL DE CALIDAD AL MÓDULO DE RUPTURA Y ABSORCIÓN	
1. ANÁLISIS DE LA MUESTRA	
1.1. LUGAR	Laboratorio principal
1.2. FRECUENCIA	Dos veces por turno de ocho horas
1.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA	1 baldosa por cada molde de prensa
2. MÉTODO DE ANÁLISIS	
2.1. Objetivo y campo de aplicación	
Este análisis establece el método para determinar el porcentaje o capacidad de absorción de agua que puede contener una baldosa y el módulo de ruptura.	
2.2. APARATOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Breaking load machine • Olla con capacidad de 50 litros 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.Continuación

TABLA N° IV. 15a
PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD AL MÓDULO DE RUPTURA Y ABSORCIÓN

CONTROL DE CALIDAD AL MÓDULO DE RUPTURA Y ABSORCIÓN
2.2.1. Procedimiento para determinar el módulo de ruptura
<ul style="list-style-type: none"> • Se toma una muestra aleatoria para cada molde de prensa y se lo lleva al laboratorio para que puedan realizar los análisis de módulo de ruptura y posteriormente a las mismas piezas se le analice el porcentaje de agua que puedan absorber. • A las baldosas se lo colocan dentro del equipo Breaking Load Machine y se le da ejecutar. En un minuto aproximadamente este equipo muestra la lectura de la resistencia a la flexión.
2.2.2. Procedimiento para determinar la absorción
<ul style="list-style-type: none"> • Las mismas baldosas que se utilizaron para determinar el módulo de ruptura se utiliza para determinar el porcentaje de absorción de la baldosa. Pesándolas primero (P1) • A las baldosas se lo colocan dentro de una olla que contiene agua en estado de ebullición, estas deben permanecer durante un periodo de 2 horas. Al sacarlas a las baldosas se lo introduce en agua a temperatura ambiente durante media hora y posteriormente se vuelve a pesar, (P2) • El porcentaje de la absorción es igual al $((P1-P2) / P1) * 100$

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L

4.5. LÍNEAS DE PRODUCTOS QUE PRODUCE LA EMPRESA CERÁMICA RAFAELA S.R.L.

Cerámica Rafaela, cuenta con una alta gama de productos. Tiene varias líneas de productos para pavimentos (pisos) y línea de productos para revestimiento.

TABLA N° IV. 16
LÍNEAS DE PRODUCTOS (PAVIMENTO Y REVESTIMIENTO)

PRODUCTOS	
LÍNEA DE PAVIMENTO	LÍNEA DE REVESTIMIENTO
ALESSIA	ANTONIA
ARIANA	BIANCA
BIANCA	CAROLE
CAMILA	CATERINA
CAROLE	EMANUELA
CRISTAL	FLORENCIA
DONATELA	GABRIELA
ELISA	MICAELA
EMANUELA	PIETRINA
GABRIELA	ROSETA
IRINIA	STELLA
LIANA	TIZIANA

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.Lcontinuación

TABLA N° IV. 16 a
LÍNEAS DE PRODUCTOS (PAVIMENTO Y REVESTIMIENTO)

PRODUCTOS	
LÍNEA DE PAVIMENTO	LÍNEA DE REVESTIMIENTO
LUCIANA	
MARIETA	
MICAELA	
PIETRA	
REGINA	
ROMA	
ROMANA	
SIMONE	
SOFIA	
TEA	
TIZIANA	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L

Las líneas de productos que maneja Cerámica Rafaela son muy variadas, ya sea en cuanto a pisos (pavimentos) o revestimientos. Y esto se debe a que muchas de las líneas de productos se realizan con el mismo molde y solo cambiarían los tipos de esmaltes aplicado a cada línea. La siguiente tabla muestra una serie de líneas de productos realizado con un mismo molde, el Liso.

TABLA N° IV. 17
DIFERENTES LÍNEAS DE PRODUCTOS CON EL MISMO MOLDE

LÍNEA	PRODUCTO	MOLDE
ALEXANDRA	Alexandra Beige	LISO
	Alexandra Marfil	LISO
	Carole Blanco	LISO
CAROLE	Carole Bone	LISO
	Carole Gris	LISO
	Carole Cemento	LISO
	Carole Marrón	LISO
CATRINA	Catrina arena	LISO
	Catrina beige	LISO
CEMENTINA	Sementina beige	LISO

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.Continuación

TABLA N° IV. 17. a
DIFERENTES LÍNEAS DE PRODUCTOS CON EL MISMO MOLDE

LÍNEA	PRODUCTO	MOLDE
	Sementina gris	LISO
FABRIZIA	Fabrizia gris	LISO
	Fabrizia hueso	LISO
	Sofía canela	LISO
SOFIA	Sofía gris	LISO
	Sofía grafito	LISO
	Sofía moca	LISO

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L

Cerámica Rafaela produce distintos formatos y diseños en una sola línea de producción, obviamente no lo produce a la misma vez los diferentes productos, sino que mediante una planeación en coordinación con el área de ventas realiza la producción del lote que se requiere. Por ejemplo, De fecha 12/03/2022 a 17/03/2022, se producirán 116000 piezas del producto ROJO NATURAL tamaño 43*43 ó su equivalente en m², 40000.

Cuando se quiere cambiar el tamaño de la pieza, solo se cambian las cajas y moldes (liso, corrugado, cuadritos, prisma, rustico, etc.) que están en el área de PRENSADO. (esto solo para cambiar tamaño, ya sea un 20*60, 43*43, 30*43 o 60*60).

4.6. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO

El diagnóstico del proceso producción de baldosas cerámica plana, se realizará con respecto al estudio de la aplicabilidad de la metodología *Lean Six Sigma*.

Primeramente, se analizará las características críticas continua de las baldosas, tales como el peso, espesor, densidad aparente del prensado, ya que es la etapa más importante dentro del proceso debido a que de esta etapa dependen muchas características de calidad que se le ofrece al cliente final. Considerando que la materia prima (polvo atomizado) tiene mucha influencia también se analizaran las características más importantes.

Seguidamente se realiza un análisis a todos los defectos cualitativos del producto terminado con el fin de conocer cuáles son los defectos que más afectan a la calidad del producto

Otra de característica a analizar es la cantidad de desperdicio en crudo (baldosas no cocidas), baldosas que vuelven a reproceso por defectos como la contaminación de arcilla, arcilla prensada, mordida de ratón, prendido, contaminación de aceite, etc.

4.6.1. Análisis de los parámetros de control de tipo continuo en el proceso de producción

En este análisis se incluirá las variables o características que pudieran ser críticas en algún momento midiendo la capacidad de los procesos, para conocer si los subprocesos son capaces, o no. Además, que con esos datos se conocerán el nivel sigma que tienen los subprocesos.

Los datos fueron recopilados de los libros de control de las diferentes actividades o subprocesos como ser; control del grano atomizado, control de la barbotina, control del prensado, libro de análisis cualitativos, libreo de productividad de la empresa. Para analizar los datos se utilizará el software MINITAB 18 para procesarlo y analizarlos.

Según Gutiérrez & de la Vara (2013) muestra la decisión que se debe tomar según el valor del índice C_p .

TABLA N° IV. 18
DECISIÓN A TOMAR SEGÚN LA CAPACIDAD DEL PROCESO

Valor del Índice C_p	Clase o categoría del proceso	Decisión
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
$C_p > 1,33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere un control estricto
$0,67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$C_p < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias

Fuente: Tomado de Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2013) [Tabla 5.1].

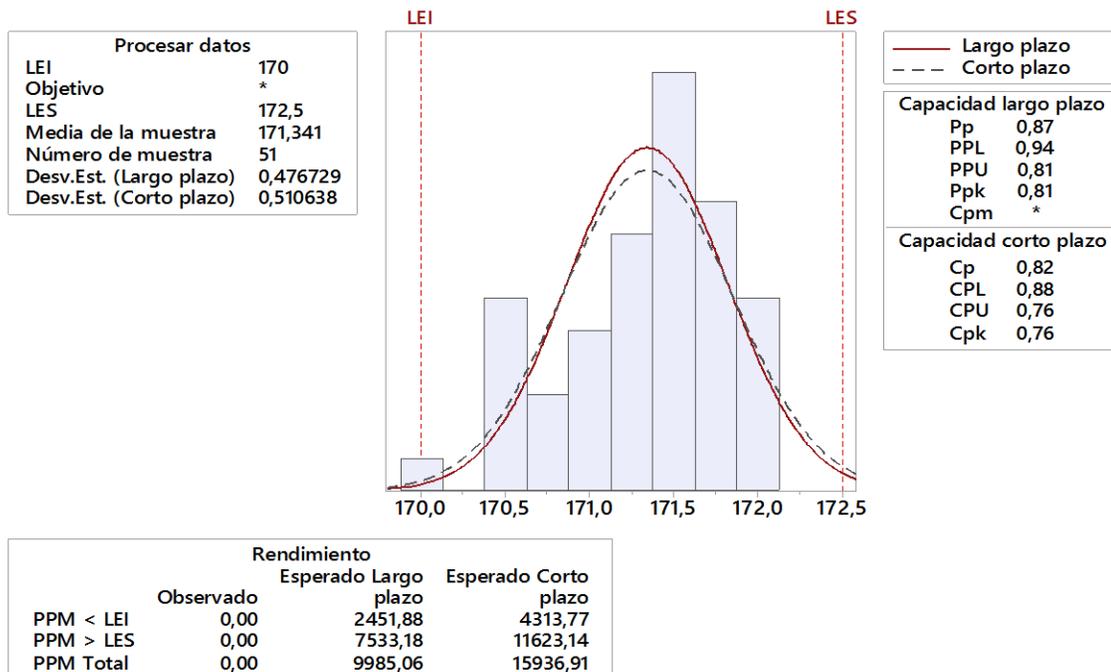
La metodología *Lean Six Sigma* busca la excelencia en cuanto a cumplimiento de especificaciones y la reducción de desperdicio. El objetivo de la metodología es hacer a la empresa de clase mundial, para ello utiliza una serie de herramientas analíticas y estadísticas que son usadas en la elaboración de proyectos *Lean Six Sigma*.

Los indicadores principales al momento de decidir si la variable de alguna actividad del proceso necesita mejora, es el índice de capacidad y del proceso, índice de estabilidad del proceso y las partes por millón.

4.6.1.1. Análisis de los parámetros de control de la Barbotina.

Aunque no influye de manera directa con las características técnicas que se lo especifica al cliente, esta influye mucho en el siguiente proceso, el atomizado. Las características que se deben controlar son; la densidad, viscosidad, residuo 230 y el residuo 325.

**DIAGRAMA N° IV. 4
CAPACIDAD DEL PROCESO DE LA DENSIDAD**



Fuente: Elaboración propia

En el diagrama N°IV 4 tanto el índice de capacidad del proceso, como, el índice de estabilidad potencial del proceso no llega a 1, esto quiere decir que no es adecuado para al trabajo y requiere un análisis para hacer modificaciones. Sin embargo, cuenta con un nivel sigma de 3.65. En cuanto a la forma de la campana se puede observar que está alineada a la izquierda.

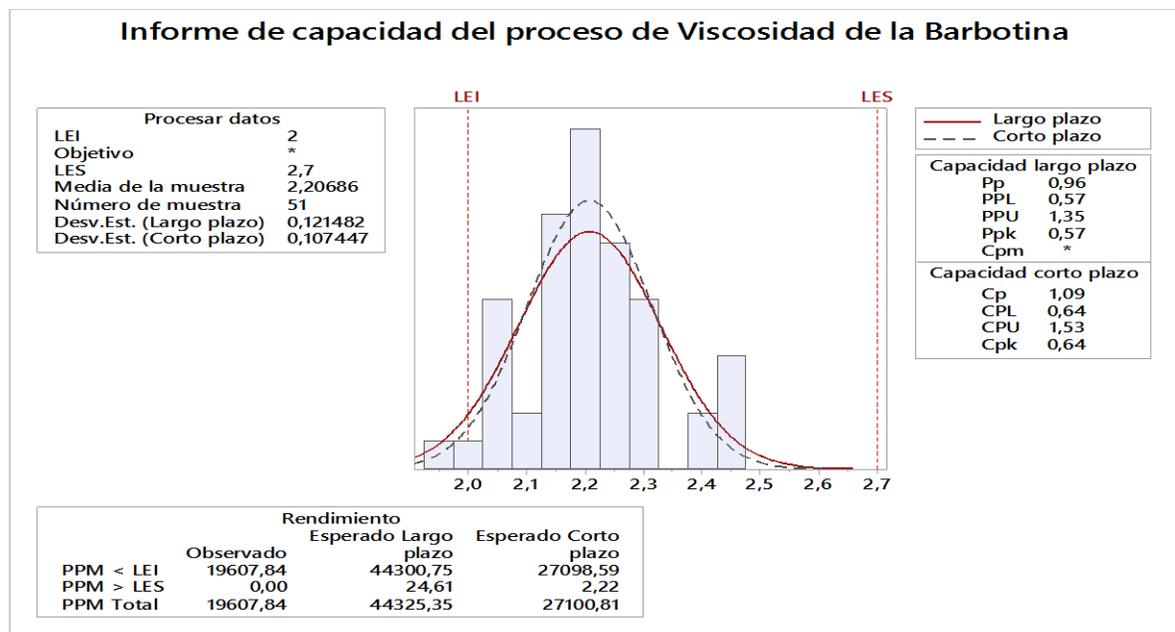
Se recomienda centrar la distribución de los datos a 170.5 g/cm³ y minimizar la variación que existe entre ellos

En el diagrama N° IV 5 muestra la distribución de la variable viscosidad donde el índice de capacidad a corto plazo es mayor a uno, lo que significa que el proceso es parcialmente adecuado, pero requiere un control estricto. En cuanto al índice de estabilidad del proceso requiere un análisis para hacer modificaciones ya que es inferior a uno. Tiene un nivel sigma de 3,21.

Se recomienda centrar la distribución a 2.35 cP hacia el límite superior de la especificación.

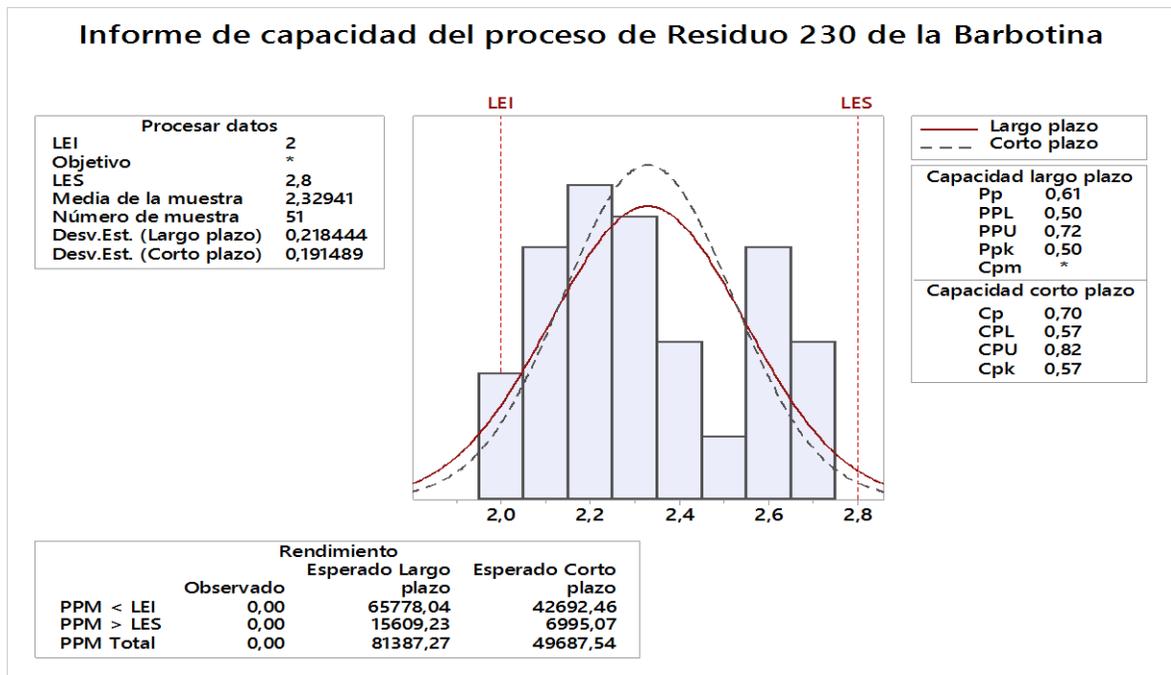
DIAGRAMA N° IV. 5

CAPACIDAD DEL PROCESO DE LA VISCOSIDAD DE LA BARBOTINA



Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA N° IV. 6
CAPACIDAD DEL PROCESO DE RESIDUO 230



Fuente: Elaboración propia

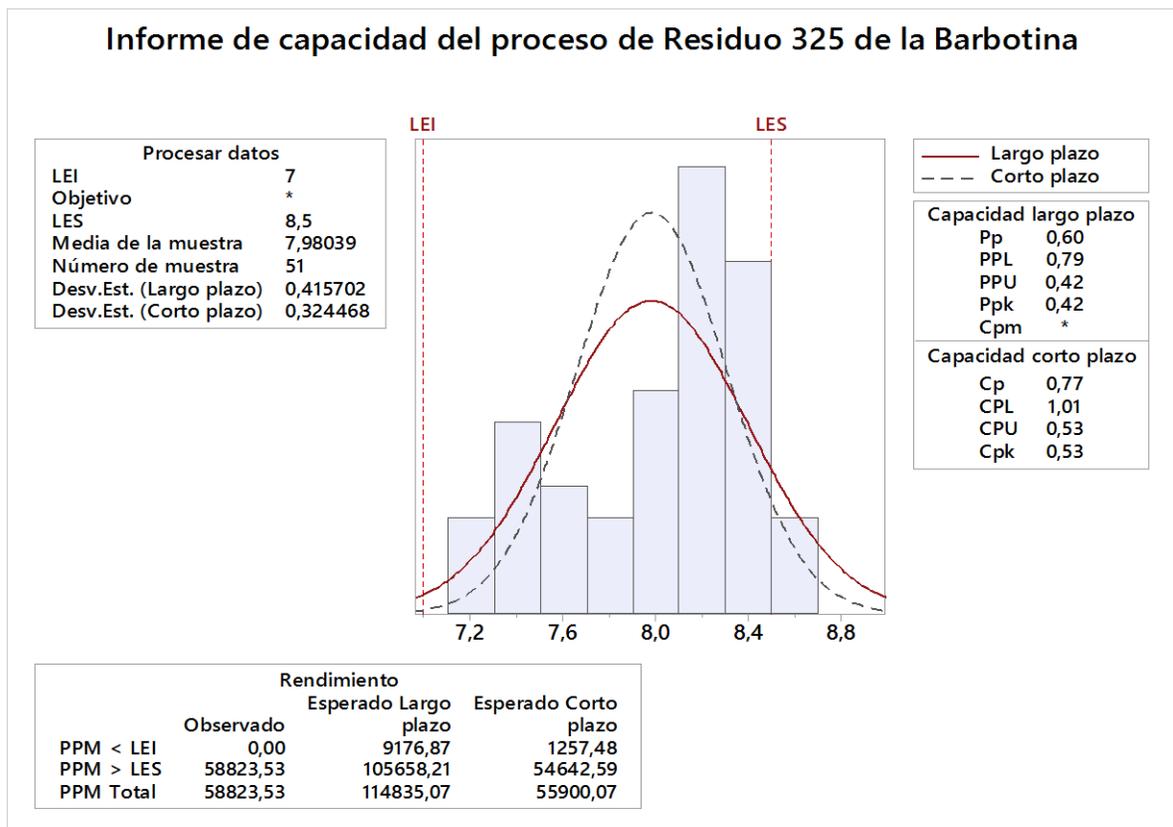
En el diagrama N° IV 6, Su capacidad de proceso de la variable residuo 230 de corto plazo y largo plazo está dentro de los valores de 0,61 y 1 lo que significa que esa actividad del proceso necesita un análisis profundo para poder tener una calidad satisfactoria. En cuanto al nivel sigma, esta variable tiene 2,90 sigmas. La forma de la distribución es bimodal, presenta dos realidades y descentrado a la izquierda.

Se recomienda disminuir la dispersión centrando los valores en su promedio de los datos a 2,4 gramos haciendo que la forma de la distribución sea leptocúrtica

En el diagrama N° IV 7, su capacidad de proceso de la variable residuo 325 de la barbotina no es adecuado después de hacerse un análisis profundo, requiere modificaciones serias para alcanzar el nivel de calidad satisfactoria. En cuanto al nivel sigma tiene un 2,71. En cuanto a la distribución y según la gráfica se podría decir que no presenta una distribución normal, o en otro caso presenta una distribución normal descentrada con mucha variabilidad.

Se sugiere centrar la distribución de los datos en su promedio 7,7 gramos para que la distribución no sea bimodal y presente dos realidades, además, se sugiere minimizar la dispersión que existe entre datos. Esto se logra realizando proyecto *Lean Six Sigma* para modificar algunos métodos o algunas características del proceso

DIAGRAMA N° IV. 7
CAPACIDAD DEL PROCESO DE RESIDUO 325



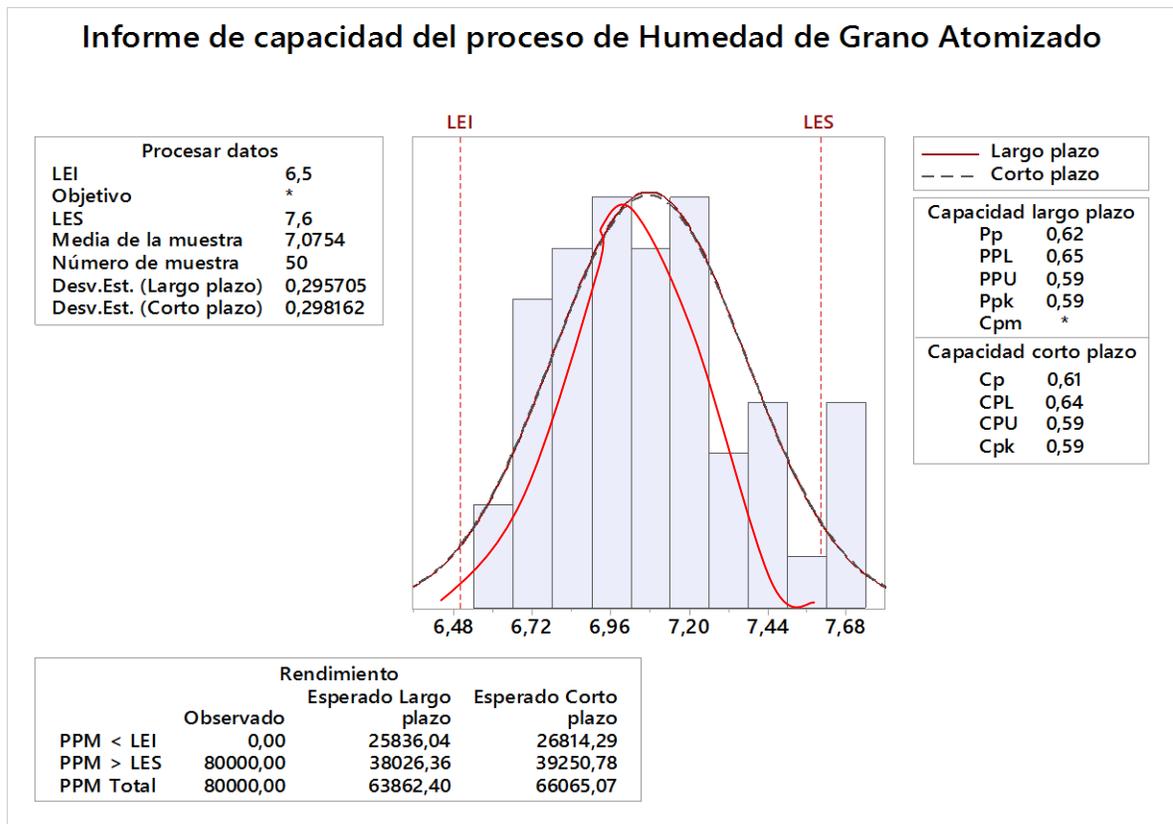
Fuente: Elaboración propia

4.6.1.2. Análisis de los Parámetros de Control del Grano Atomizado

Las variables a controlar en esta etapa del proceso son; la humedad del polvo atomizado, residuo 600, 425, 300, 250 y 180.

También se analizará el índice de capacidad a corto, largo plazo y el nivel sigma.

DIAGRAMA N° IV. 8
CAPACIDAD DEL PROCESO DE HUMEDAD



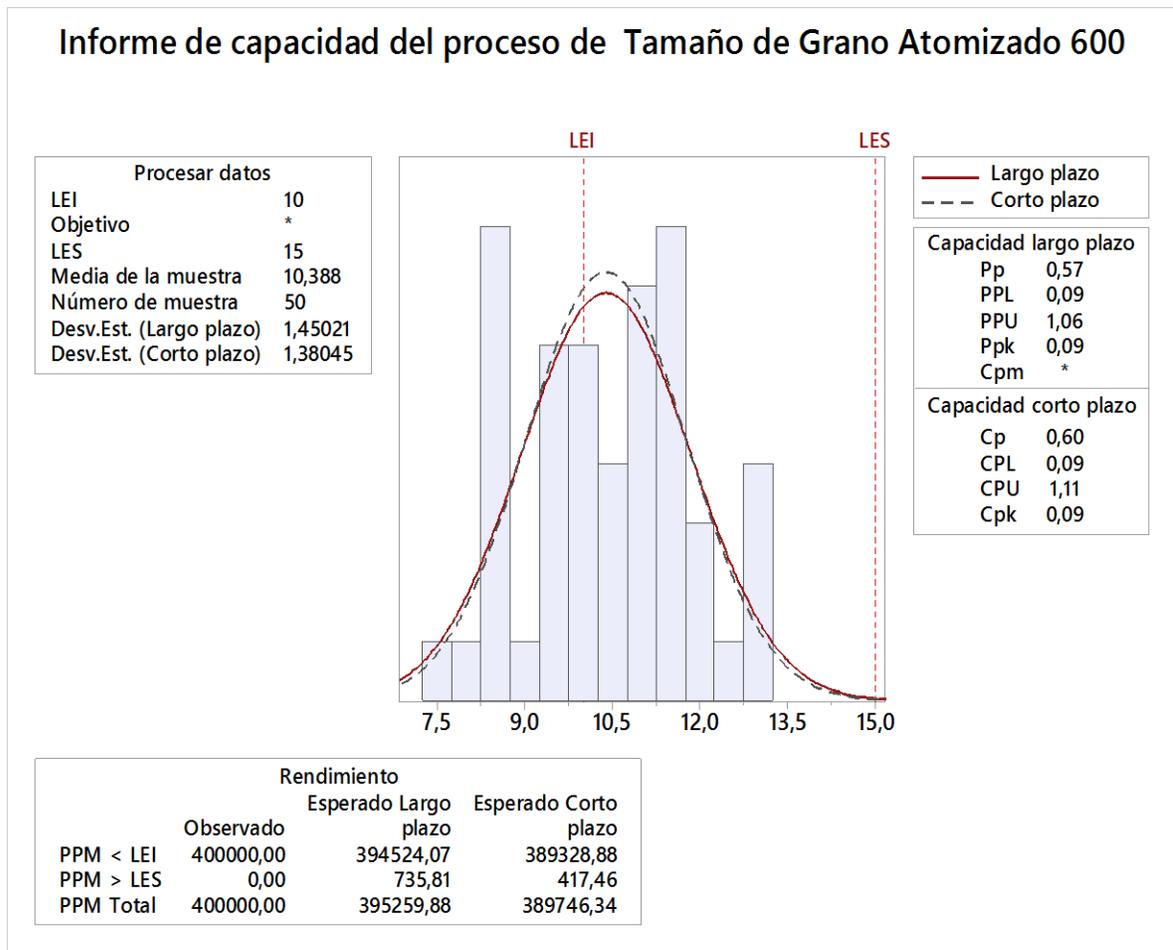
Fuente: Elaboración propia

En el diagrama N° IV 8, La variable humedad de grano atomizado está dentro de la clase o categoría tres, tanto la capacidad de corto plazo, como la de largo plazo, lo que significa que es necesario hacer un análisis profundo del proceso y hacer modificaciones serias para alcanzar un nivel de calidad satisfactoria. En cuanto a la distribución presenta un descentrado leve con variabilidad media. En cuanto al nivel sigma, esta variable tiene 3,03 sigmas.

Se recomienda centrar al límite de especificación inferior, reducir la dispersión de los datos para que la forma de la distribución sea leptocúrtica

La variable tamaño de grano se analizara las cinco escalas más importantes

DIAGRAMA N° IV. 9
CAPACIDAD DEL PROCESO DE GRANO 600



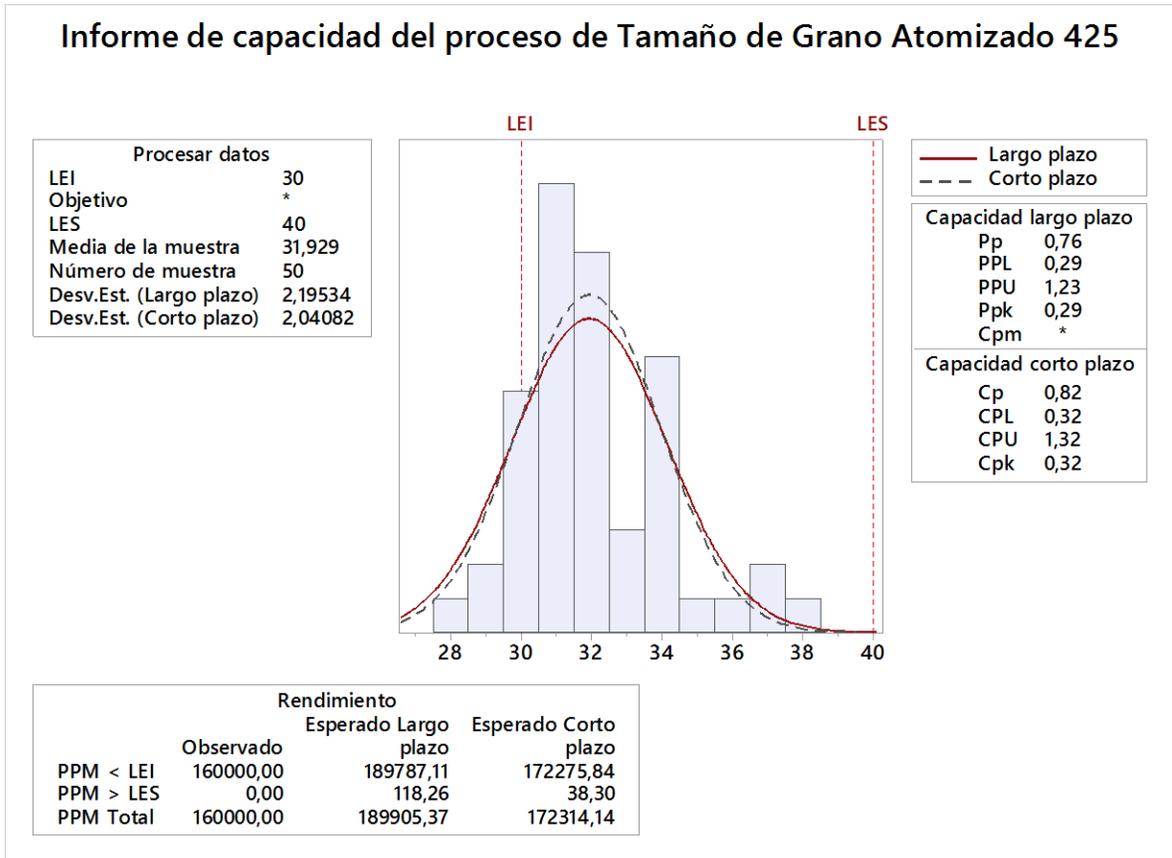
Fuente: Elaboración propia

En el diagrama N° IV 9, El tamaño de grano 600 tiene una media de 10, 38 gramos y una desviación estándar a largo plazo de 1,38 gramos. En cuanto a su forma y posición se encuentra descentrado al lado inferior con mucha variabilidad.

Su capacidad del proceso de corta y largo plazo es de categoría cuatro, lo que significa que, necesita modificaciones serias a esa actividad del proceso en cuanto a esa variable. En cuanto al nivel sigma tiene 1,70.

Se sugiere centrar la distribución a 12,7 gramos o al límite de la especificación superior, además de reducir la dispersión de los datos.

DIAGRAMA N° IV. 10
CAPACIDAD DEL PROCESO DEL GRANO 425



Fuente: Elaboración propia

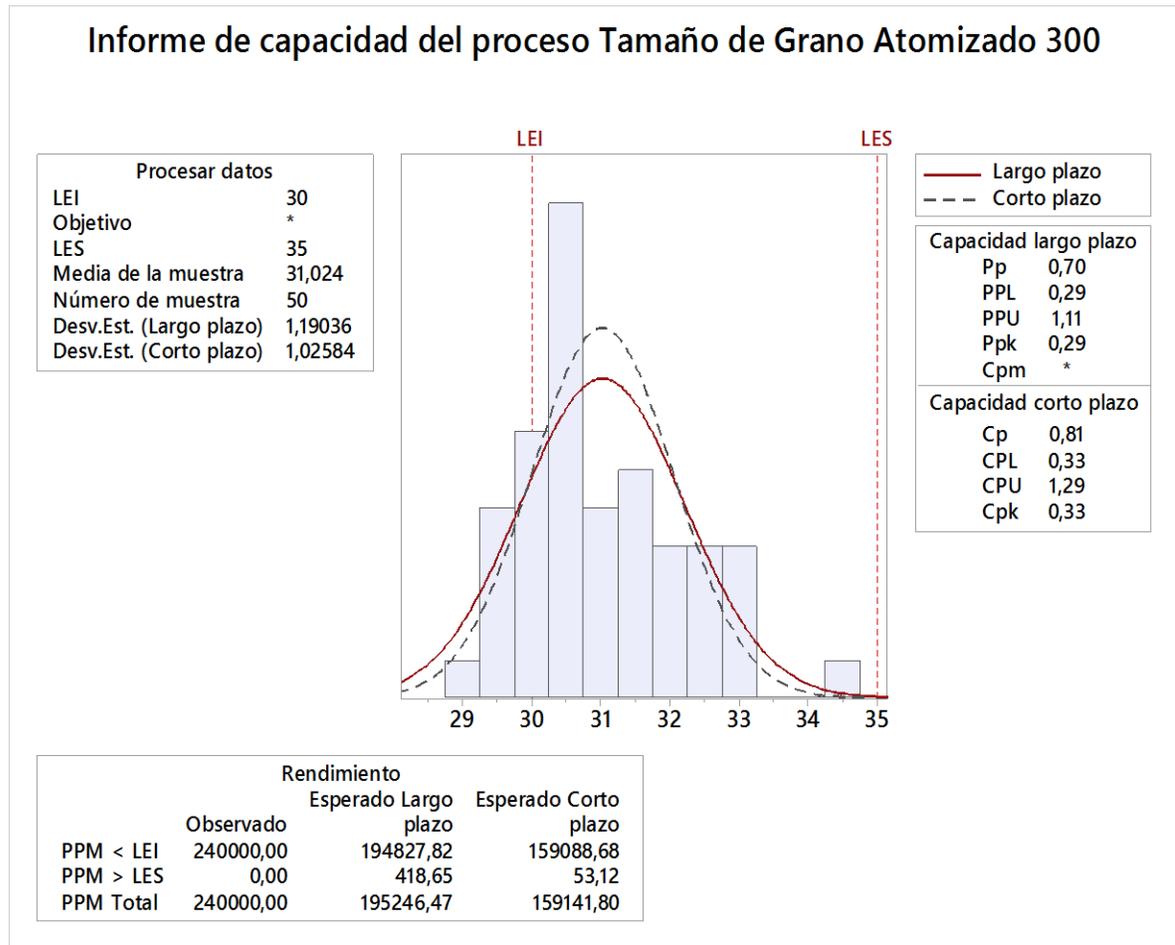
En el diagrama N° IV 10, La variable tamaño de grano atomizado 425 tiene una media de 31,92 gramos y una desviación estándar de largo plazo de 2,04 gramos. En cuanto a la forma y posición respecto a los parámetros de control se encuentra descentrada y con mucha variabilidad. Se sugiere centrar al valor de 35 gramos.

Su capacidad de proceso de corta y largo plazo se encuentran en la categoría tres, lo que significa que es necesario hacer modificaciones para lograr tener una calidad satisfactoria. En cuanto a su nivel sigma, tiene 2,38 sigmas

En el diagrama N° IV 11, La variable de tamaño de grano atomizado 300, tiene una media de 31,02 gramos y una desviación estándar de largo plazo de 1,02 gramos.

En cuanto a la forma y posición de la distribución esta descentrado a la izquierda y con variabilidad media. Se recomienda centrar la distribución a 32,5 gramos.

DIAGRAMA N° IV. 11
CAPACIDAD DEL PROCESO DE GRANO 300



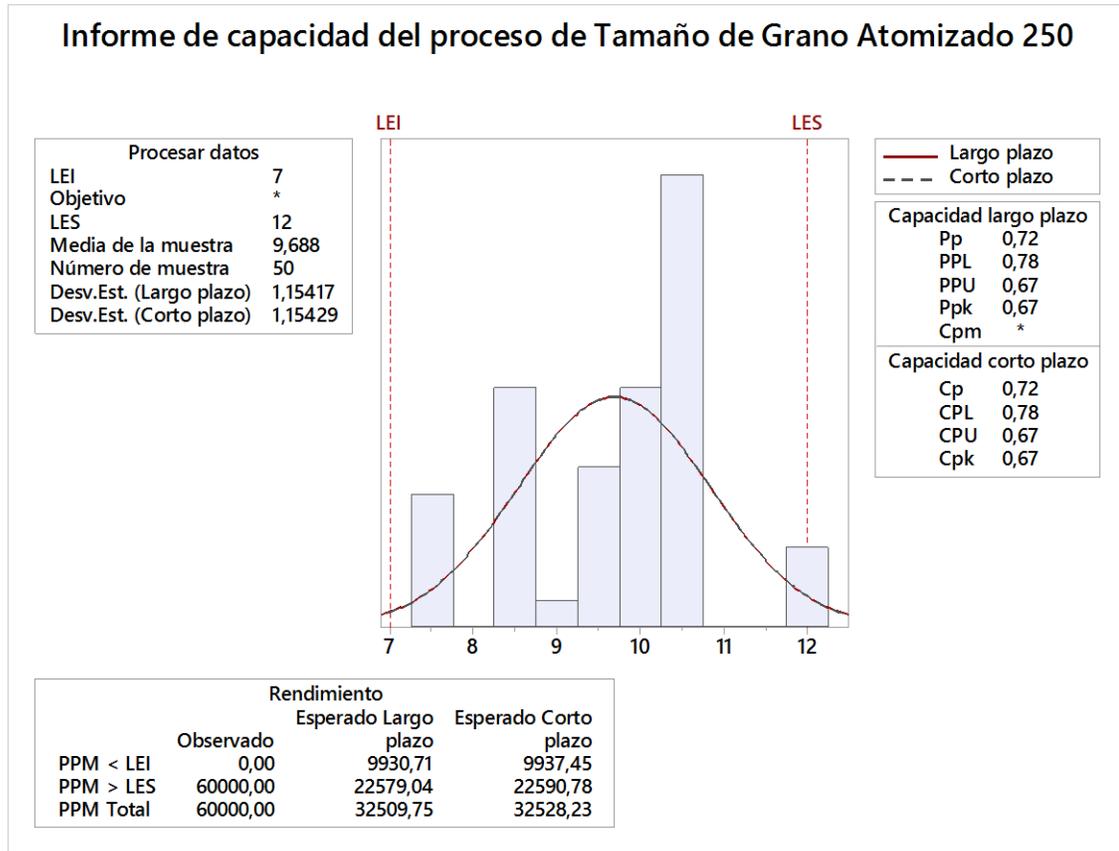
Fuente: Elaboración propia

Su capacidad de proceso de largo plazo y corto plazo se encuentra en la categoría tres, lo que significa que no es adecuado para el trabajo y que se necesita realizar un análisis profundo para alcanzar el nivel de calidad satisfactorio.

En el diagrama N° IV 12 La variable de 250 tiene una media de 9,69 gramos y una desviación estándar 1,15 gramos. En cuanto a su forma tiene una distribución centrada con acantilado derecho con tres realidades

DIAGRAMA N° IV. 12

CAPACIDAD DEL PROCESO DE GRANO 250



Fuente: Elaboración propia

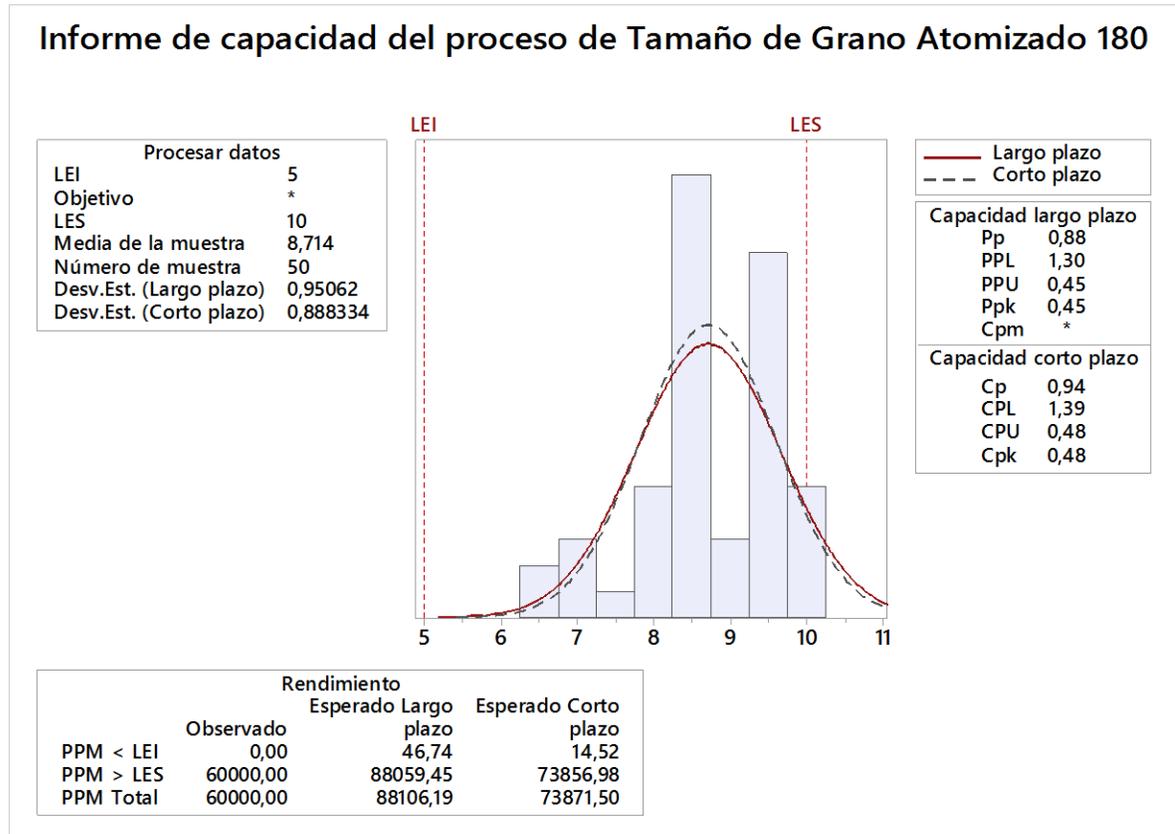
Su capacidad de proceso está dentro de la categoría tres, lo que se necesitaría la realización de un análisis para hacer modificaciones y así tener un nivel de calidad requerido. En cuanto al nivel sigma, tiene 3,34 sigmas. Se recomienda reducir la variabilidad entre los datos y centrar la distribución a 9,5 gramos

En el diagrama N° IV 13, La variable, tamaño de grano 180 tiene una media de 8,71gramos y una desviación estándar de largo plazo de 0,95 gramos. En cuanto a su distribución esta descentrado a la derecha.

Su capacidad del proceso tanto de largo como de corto plazo está dentro de la categoría de tres, lo que significa que se necesita realizar un análisis para posteriormente realizar los cambios para obtener el nivel de calidad deseado. En cuanto al nivel sigma, tiene 2,87 sigmas.

Se recomienda centrar la distribución de los datos a 7,5 gramos, además de disminuir la dispersión entre los datos

DIAGRAMA N° IV. 13
CAPACIDAD DEL PROCESO DE GRANO 180



Fuente: Elaboración propia

4.6.1.3. Análisis de los Parámetros de Control del Prensado

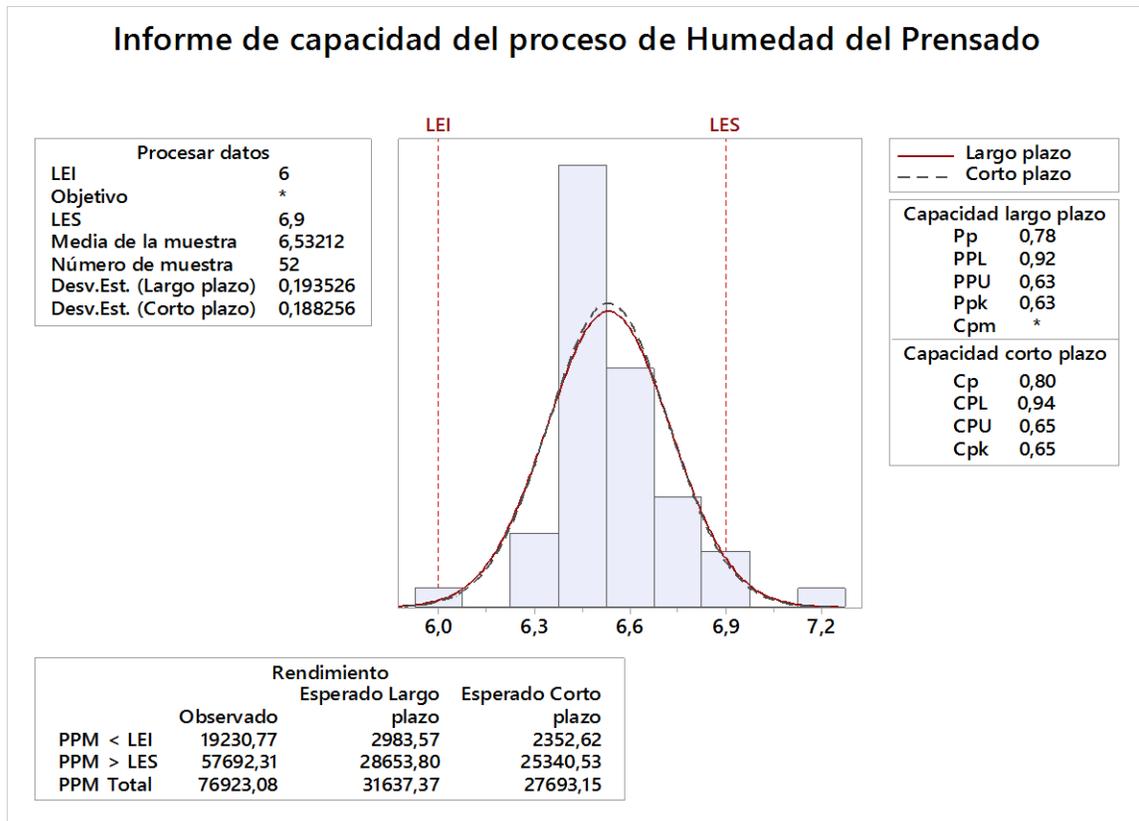
Las variables cuantitativas continuas más importante en el prensado es; la humedad, espesor y la densidad aparente. Al igual que en las otras actividades del proceso se realizará el análisis de capacidad a las variables antes mencionada.

En el diagrama N° IV 14, La variable cuantitativa continua humedad tiene una media de 6,53 y una desviación estándar de largo plazo de 0,19% tiene una distribución centrada con mucha variabilidad.

Su capacidad de proceso de largo y corto plazo está en la categoría tres, lo que significa que es necesario hacer cambios para obtener un nivel de calidad satisfactorio. Su nivel sigma es de 3,37 sigmas

DIAGRAMA N° IV. 14

CAPACIDAD DEL PROCESO DE HUMEDAD EN LA BALDOSA

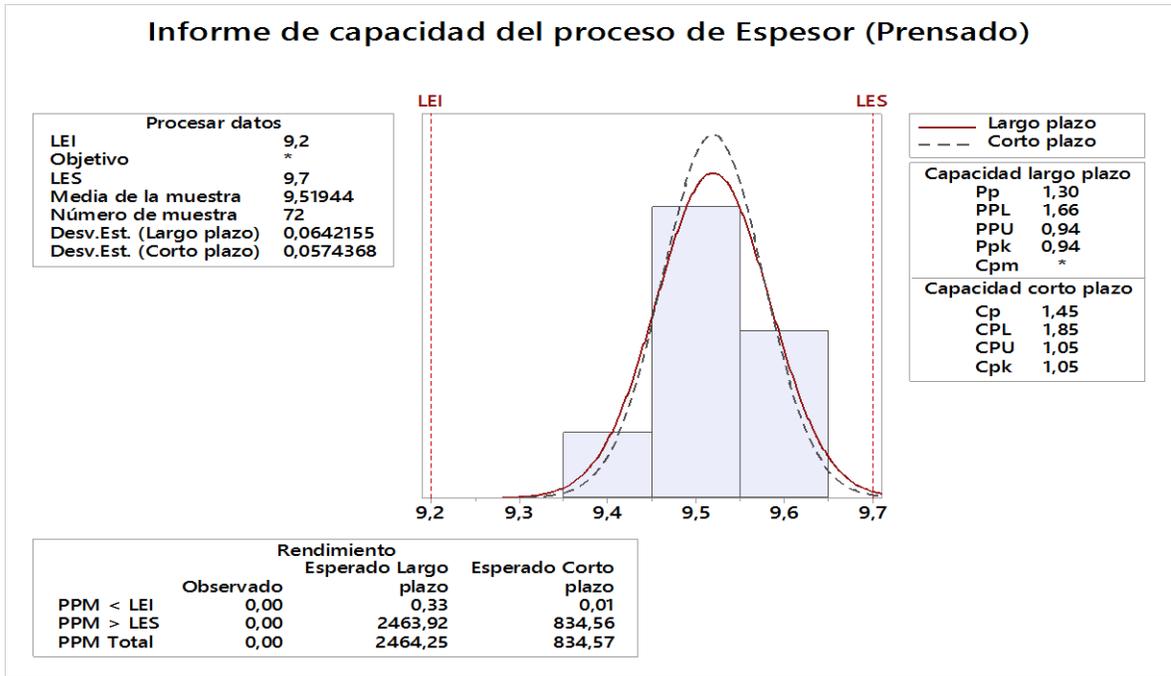


Fuente: Elaboración propia

En el diagrama N° IV 15, la variable cuantitativa continua espesor presenta una media de 9,51 mm. Y una desviación estándar de largo plazo de 0,064 mm. Además, presenta una distribución centrada con poca variabilidad, esto se puede deber a que las maquinas son nuevas.

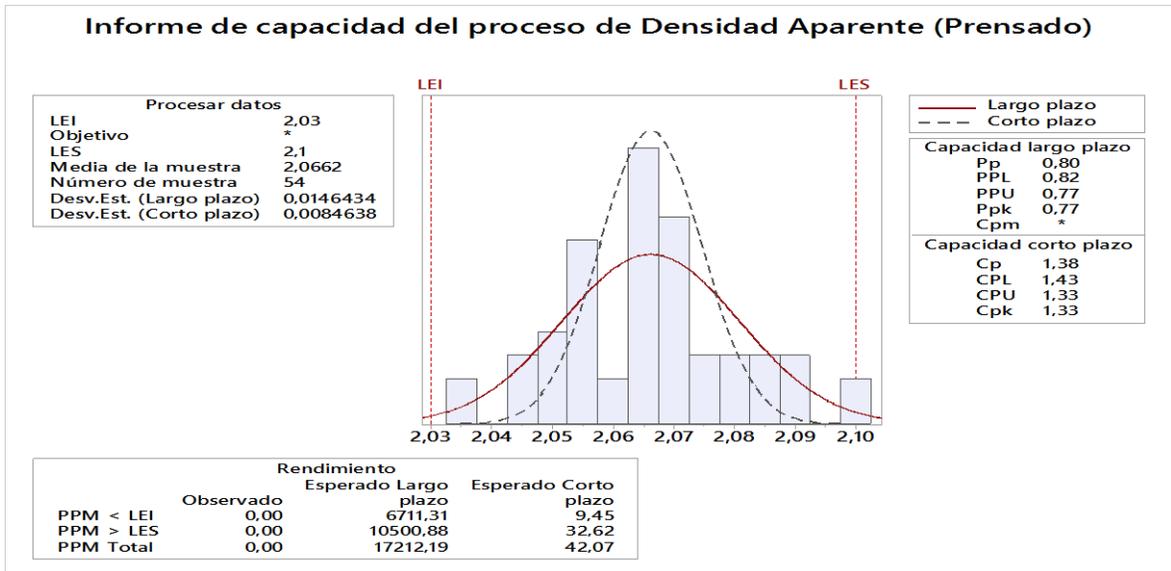
En cuanto a su capacidad de proceso de corto y largo plazo se encuentra en la categoría uno, lo que significa que es adecuado para el trabajo. Su nivel sigma de esta variable es de 4,31 sigmas.

DIAGRAMA N° IV. 15
CAPACIDAD DEL PROCESO DE ESPESOR



Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA N° IV. 16
CAPACIDAD DEL PROCESO DE LA DENSIDAD APARENTE



Fuente: Elaboración propia

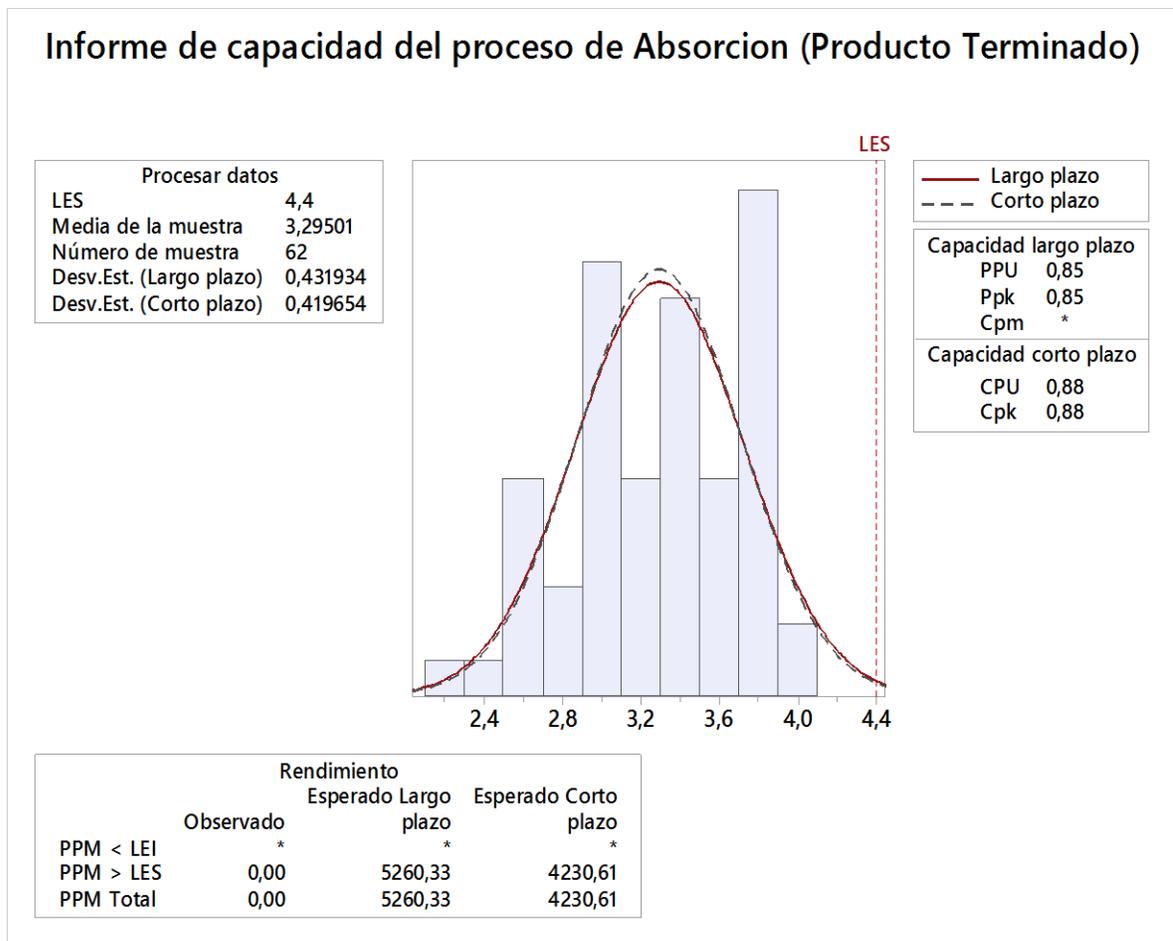
En el diagrama N° IV 16, la variable densidad aparente tiene una media de 2,07 y una desviación estándar de largo plazo de 0,014. Tiene una distribución centrada con mucha variabilidad entre los límites de especificaciones.

Su capacidad de largo plazo se clasifica como categoría uno, significando que es adecuado para el trabajo. Su nivel de sigma es de 3,62 sigmas

4.6.2. Análisis de las Especificaciones de Producto Terminado

Las características de calidad más importantes son la de Absorción, módulo de ruptura y espesores.

**DIAGRAMA N° IV. 17
CAPACIDAD DEL PROCESO DE ABSORCIÓN**



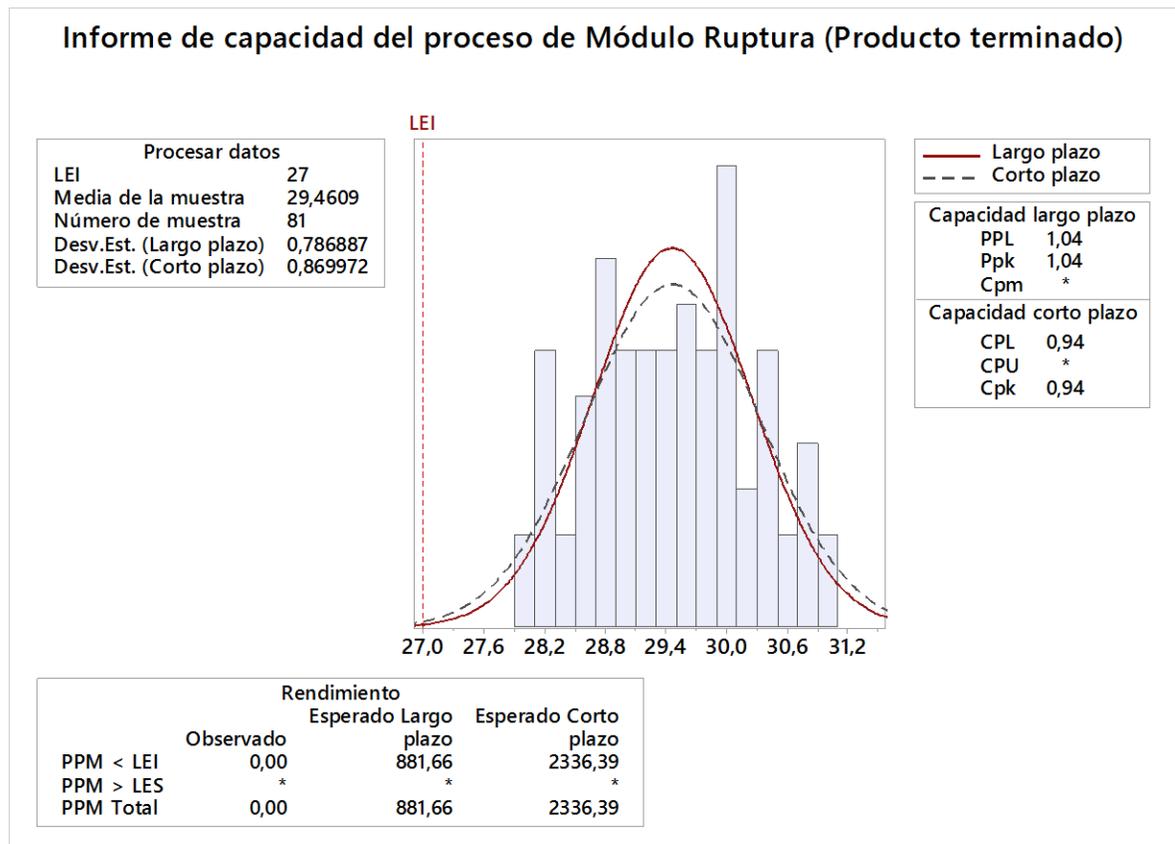
Fuente: Elaboración propia

En el diagrama N° IV 17, la variable absorción es una variable cuantitativa continua del tipo entre más pequeña mejor. Tiene una media de 3,29 por ciento en masa, y una desviación estándar de 0,43 por ciento de masa. Su distribución, aunque es con solo una sola especificación, presenta una distribución casi-normal.

Tiene una capacidad de proceso de categoría tres, donde se le sugiere hacer un análisis al proceso y hacer modificaciones para obtener un nivel de calidad satisfactorio. Además, tiene un nivel sigma de cuatro.

En cuanto al tamaño de las baldosas, Cerámica Rafaela tiene un moderno sistema de clasificación por ventosas, el cual las clasifica y separa según el calibre. Por esas razones no se realiza la capacidad de proceso y el nivel sigma de esta variable.

DIAGRAMA N° IV. 18
CAPACIDAD DE PROCESO DE MÓDULO DE RUPTURA

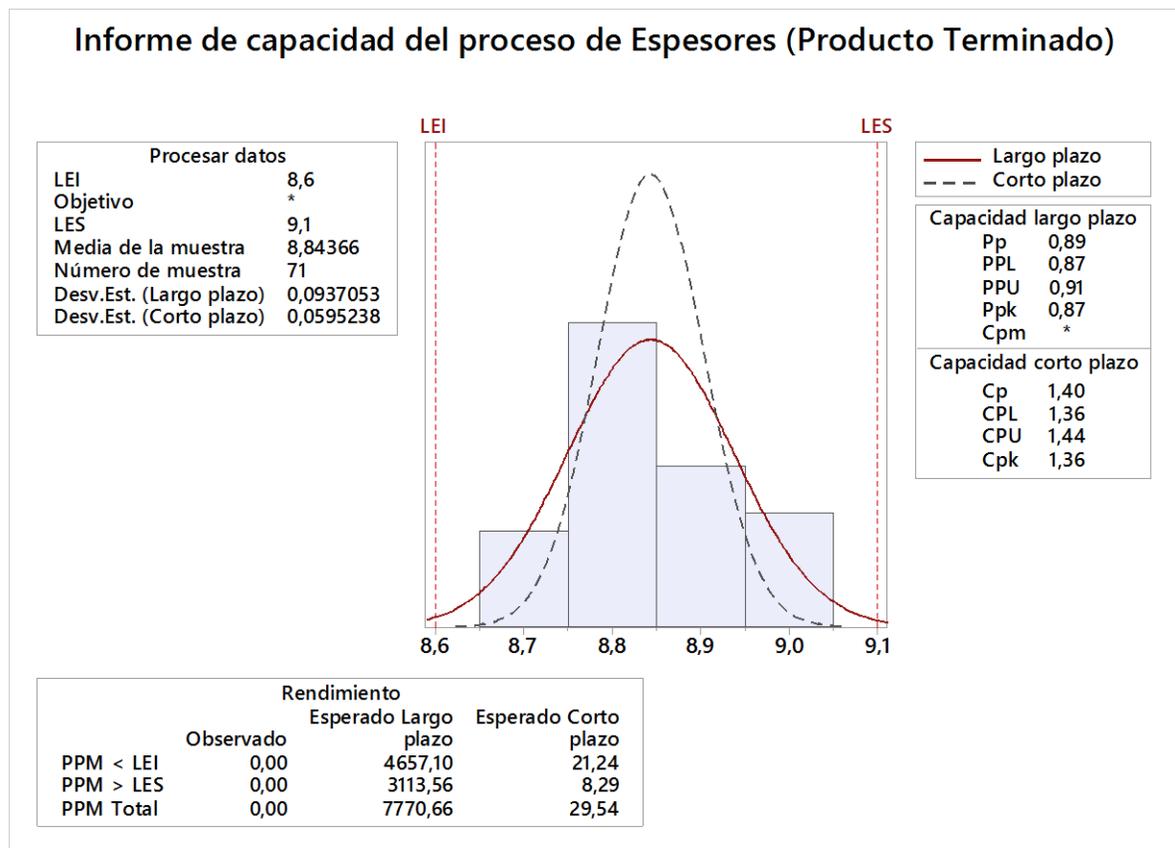


Fuente: Elaboración propia

En el diagrama N° IV 18, este tipo de variable también es de una sola especificación, entre más grande mejor. Tiene una media de 29,4 y una desviación estándar de 0,79. En cuanto a su distribución todos los datos se agrupan sobre la especificación superior.

Su capacidad de proceso de corto plazo está llegando a la categoría dos, es decir que es parcialmente adecuado. Y, la capacidad de largo plazo tiene la categoría dos, donde también es parcialmente adecuado. Su nivel sigma es de 4.

DIAGRAMA N° IV. 19
CAPACIDAD DE PROCESO DE ESPESORES



Fuente: Elaboración propia

En el diagrama N° IV 19, los espesores en los productos terminados tienen una media de 8,84 mm y una desviación estándar de largo plazo de 0,094 mm. La forma de la distribución es centrada con poca variabilidad.

Su capacidad de corto plazo es de categoría uno o es adecuado para el trabajo. Mientras que la capacidad de largo plazo es de categoría tres, que manda a realizar un análisis profundo para alcanzar el nivel de calidad satisfactorio. En cuanto a su nivel sigma es de 3,92 sigmas.

4.6.3. Análisis de las variables de tipo cuantitativo discreto en el proceso de producción

El objetivo de este análisis es conocer la cantidad de baldosas que no tienen la calidad para ser clasificadas como de primera calidad. Para ello se analizará a las baldosas en el proceso y a las baldosas en producto terminado.

Para analizar a las baldosas que tienen algún defecto en el proceso, que va desde el prensado hasta el ingreso al horno, se lo realizara mediante el conteo de baldosas por fotocélulas. De esa manera se conocerán las posibles causas de los defectos por actividades del proceso y las oportunidades de error que pueden añadirle las maquinas que realizan dicha actividad. Estas baldosas vuelven a ser reprocesadas.

Conociendo la cantidad de baldosas que pasan a ser catalogadas como de segunda calidad, tercera calidad y cascote en el área de clasificación; se conocería la cantidad de baldosas defectuosas que llegan al área de clasificación. Estos datos son obtenidos de los libros de análisis cualitativos. Estas baldosas tienen un precio menor de venta.

4.6.3.1. Análisis Cuantitativo discreto de baldosas en el proceso

Las baldosas que serán sacadas de la línea de producción son aquellas que contengan algún defecto visual grave. Estas son visualizadas por dos operarios en diferentes zonas de la línea de producción. El primer operario controla y limpia los defectos que son generados en la prensa y el secadero, estos defectos pueden ser; Contaminación de arcilla, arcilla prensada, contaminación de aceite, mordido de ratón, laminado, etc. El segundo operario que se encarga de visualizar a las baldosas antes de que ingresen al horno y se encarga de sacar baldosas que tienen

algún defecto como ser; balsa de engobe o esmalte, gotas de esmalte, raya en la serigrafía, descentrado en el diseño, despuntado, etc.

Estas baldosas que se retiran son contabilizadas por fotocélulas.

La fotocélula uno, contabiliza la cantidad de baldosas prensada. La fotocélula dos, contabiliza las baldosas que fueron retiradas por el operario que visualiza y limpia la calidad de baldosa. La fotocélula tres, contabiliza las baldosas que fueron retiradas por el operario dos de revisión.

TABLA N° IV. 19
CONTABILIZACIÓN DE BALDOSAS POR FOTOCÉLULAS

Fecha	Turno	Fotocélula 1	Fotocélula 2	Fotocélula 3	Horas de Trabajo	Horas Perdidas
10/4/2022	1	8424	8321	8227	06:24	01:15
	2	9839	9744	9770	07:05	00:51
	3	10292	10222	10170	07:01	00:59
11/4/2022	1	9685	9590	9545	06:33	01:25
	2	9648	9555	9530	07:00	01:00
	3	10176	10050	10030	07:00	01:00
12/4/2022	1	9540	9475	9270	06:27	01:31
	2	9865	9776	9740	06:55	00:56
	3	10164	10108	10102	07:15	00:45
13/4/2022	1	9487	9364	9352	06:26	01:29
	2	9795	9708	9656	07:13	00:49
	3	10055	9950	9906	07:07	00:50
14/4/2022	1	9919	9840	9820	07:00	01:00
	2	10112	9960	9796	07:21	00:40
	3	10063	9950	9881	07:07	00:50
15/4/2022	1	9934	9850	9826	06:53	01:11
	2	9460	9290	9262	06:34	01:25
	3	9937	9983	9849	06:55	01:05

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

Realizando un análisis de la cantidad de baldosas que vuelven a reproceso total y por fotocélulas se tiene la siguiente tabla

TABLA N° IV. 20
PÉRDIDA DE BALDOSAS POR FOTOCÉLULAS

Baldosas Sacadas de Línea (60 *60)					2,78	Pza./m 2		% Reprocesado
Fotocélula		Diferenci	Fotocélula		Diferen	Diferencia total		
1	2	a	2	3	cia	piezas	m2	
8424	8321	103	8321	8230	91	194	69,78	2,36
9839	9744	95	9744	9668	76	171	61,51	1,77
10292	9997	295	9997	9902	95	390	140,29	3,94
9685	9590	95	9590	9487	103	198	71,22	2,09
9648	9555	93	9555	9429	126	219	78,78	2,32
10176	9993	183	9993	9874	119	302	108,63	3,06
9540	9412	128	9412	9338	74	202	72,66	2,16
9865	9776	89	9776	9690	86	175	62,95	1,81
10164	9931	233	9931	9840	91	324	116,55	3,29
9487	9364	123	9364	9301	63	186	66,91	2,00
9795	9708	87	9708	9624	84	171	61,51	1,78
10055	9912	143	9912	9856	56	199	71,58	2,02
9919	9840	79	9840	9703	137	216	77,70	2,23
10112	9904	208	9904	9825	79	287	103,24	2,92
10063	9941	122	9941	9878	63	185	66,55	1,87
9934	9850	84	9850	9720	130	214	76,98	2,20
9460	9290	170	9290	9212	78	248	89,21	2,69
9937	9849	88	9849	9781	68	156	56,12	1,59
					Promedio (%)			2,34

Fuente: Elaboración propia

Considerando la cantidad de baldosas crudas que vuelven a ser reprocesadas durante una semana de trabajo (tres turnos al día) se obtuvieron 2863 baldosas.

El molino de bolas en el subproceso de molienda tiene una capacidad de carga aproximada de 100000 Kg. Pero solo se carga 80000 Kg. en cada molienda, los sólidos totales que se ocupa en cada molienda son de 32000 Kg, otros 32000 Kg. del peso total son bolas de alúmina y el resto es agua.

Cada baldosa cruda tiene un peso de 7,400 gramos en promedio y con una humedad del 0,5 % de humedad. Solo se necesitaría de una semana y media a dos semanas para comenzar un turno de molienda. Aclarar que la molienda de baldosas crudas no se muele juntas, solo se utiliza unos pequeños porcentajes según la fórmula que se esté moliendo.

4.6.3.1. Análisis de las Variables Cuantitativa Discreta en el Producto Terminado

Los defectos por atributos en el producto terminado se lo comercializan como segunda calidad, tercera calidad o cascote. Ya que al estar las baldosas cocidas estas no se pueden volver a ser reprocesadas.

La siguiente tabla muestra la cantidad de baldosas según la calidad durante la producción del producto rojo natural.

**TABLA N° IV. 21
CANTIDAD DE PRODUCCIÓN POR CALIDADES**

FECHA	PRODUCTO	TURNO	CALIDAD TIPO:			TOTAL m2 POR TURNO
			1ra. CALIDAD (m2)	2da. CALIDAD (m2)	3ra. CALIDAD (m2)	
13/3/2022	Rojo natural	2	1312	92	32	1436
14/3/2022	Rojo natural	3	2956	96	10	3062
15/3/2022	Rojo natural	1	2608	72	14	2694
15/3/2022	Rojo natural	2	3100	79	10	3189
15/3/2022	Rojo natural	3	3280	84	20	3384
16/3/2022	Rojo natural	1	3023	78	28	3129
16/3/2022	Rojo natural	2	2760	90	4	2854
16/3/2022	Rojo natural	3	3080	76	10	3166
17/3/2022	Rojo natural	1	3088	89	4	3181
17/3/2022	Rojo natural	3	3196	90	6	3292
18/3/2022	Rojo natural	1	2731	142	0	2873
20/3/2022	Rojo natural	3	3328	89	4	3421
21/3/2022	Rojo natural	1	2626	99	2	2727
Total		m2	37088	1176	144	38408
		%	96,56	3,06	0,37	100

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

Durante la producción del producto rojo natural, el 94,74 % es de primera calidad, el 4,88 % es de segunda calidad y 0,38 % es de tercera calidad.

La tabla N° IV. 22, es representativa, ya que generalmente en todos los turnos y en los históricos tienen los mismos defectos. (ver anexo 1)

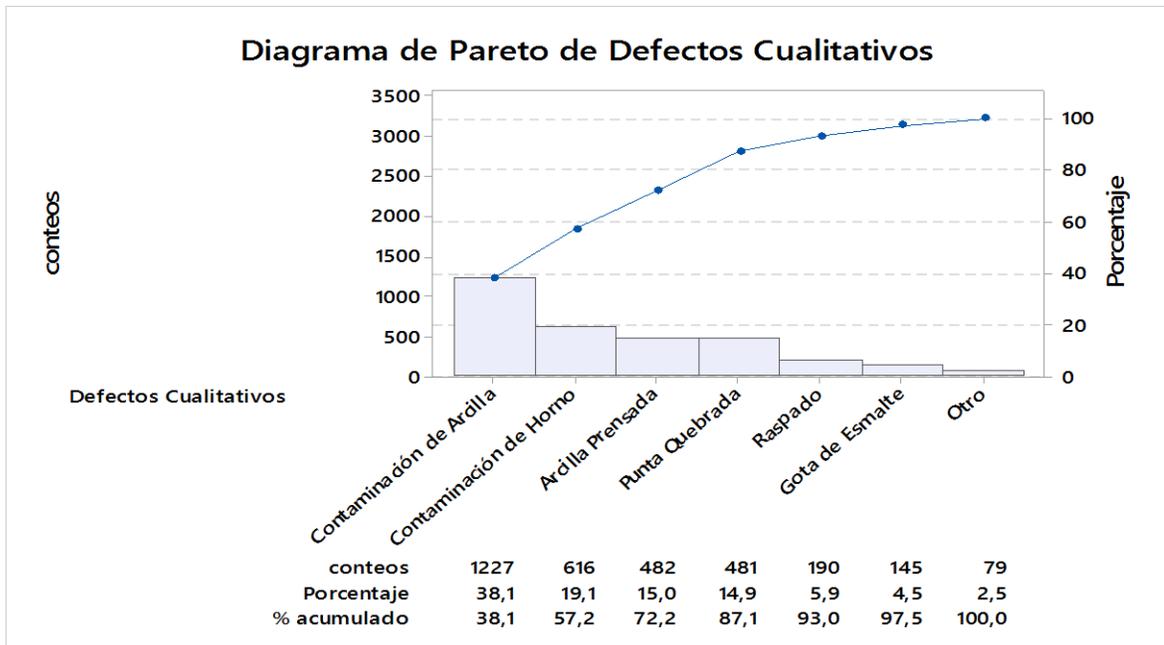
TABLA N° IV. 22
DEFECTOS CUALITATIVOS

Defectos Cualitativos	Producción 2 semanas															TOTAL
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Contaminación de Horno	24	52	28	56	37	35	34		37	60	72	59	91	85	616	
Contaminación de Arcilla	130	98	49	46	87	91	44		72	83	76	99	240	132	1227	
Contaminación de Aceite									11						11	
Descentrado									68						68	
Gota de Esmalte											145				145	
Punta Quebrada	48	25	15	15	88	33	33		186	45	14		21	88	481	
Torcido																
Arcilla Prensada		59	24	28	11	27	5		36	53	87	67	65	20	482	
Raspado	12	77	66	33	33	22	1		10	36					190	
TOTAL, METROS CUADRADOS DEFECTUOSOS															3220	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

DIAGRAMA N° IV. 19

DIAGRAMA DE PARETO DE LOS DEFECTOS CUALITATIVOS



Fuente: Elaboración propia

El diagrama N° IV 19, un diagrama de Pareto, y se observa que el defecto contaminación de arcilla es el que más se repite en las baldosas defectuosas

4.7. CONCLUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO

El diagnostico de variables cuantitativa continua en el proceso presenta las siguientes conclusiones:

Barbotina: tiene un nivel de clase tres, lo que significa que hay que hacer un análisis de esa actividad del proceso para alcanzar un nivel de calidad deseado

Grano atomizado: se encuentra entre los niveles tres y dos, también necesita que se realice un estudio para alcanzar el nivel de calidad esperado

Prensado: la mayoría de sus variables analizadas tienen tres sigmas, pero su nivel está en dos, significa que es parcialmente adecuado para le trabajo y que necesita modificaciones no muy serias para alcanzar el nivel de calidad de seis sigmas

Producto terminado: tiene variables con doble especificación y variables con una sola especificación. Su nivel sigma en algunas variables alcanzan las cuatro sigmas y por encima de las tres sigmas.

El diagnostico de las variables cuantitativas discretas durante el proceso y en el producto terminado se conoció que hay baldosas que vuelven a ser reprocesadas y que estas pueden acumularse durante dos semanas para que alcancen una cantidad que les permitan ser reprocesadas. En cuanto a las baldosas terminada existe un 94 % a un 97 % de que las baldosas sean de primera calidad y el resto de segunda o tercera calidad.

**PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA***

**PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA***

La completa implementación de la metodología *Lean Six Sigma* (LSS) se realiza en años, tal como lo sugiere Gutiérrez y de la Vara (2013) Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años, por lo que no desplaza otras iniciativas estratégicas, por el contrario, se integra y las refuerza (p. 404).

En ese sentido y alineándose a la visión y misión de la empresa Cerámica Rafaela se realizará un cuadro de mando integral (*Balanced Scorecard*) a grosso modo para poder planificar de la mejor manera las metas, objetivos, indicadores, planes que se llevaran a cabo antes, durante y después de la implementación de la metodología robusta que se propone.

**5.1. CUADRO DE MANDO INTEGRAL (CMI) PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DE LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA***

Según (Andalucía Emprende, 2013) “El Cuadro de Mando Integral (CMI) o *Balanced ScoreCard* (BSC) es un instrumento de metodología de gestión que facilita la implantación de la estrategia de una empresa de forma eficiente.”

DIAGRAMA N° V. 1

PERSPECTIVAS DEL CUADRO DE MANDO INTEGRAL



Fuente: Andalucía Emprende (2013)

El Cuadro de Mando Integral se compone de cuatro bloques, uno por cada perspectiva. En cada bloque se determinan los objetivos estratégicos y las relaciones causales entre los distintos objetivos. La estructura básica es la siguiente:

TABLA N° V. 1
CMI PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA

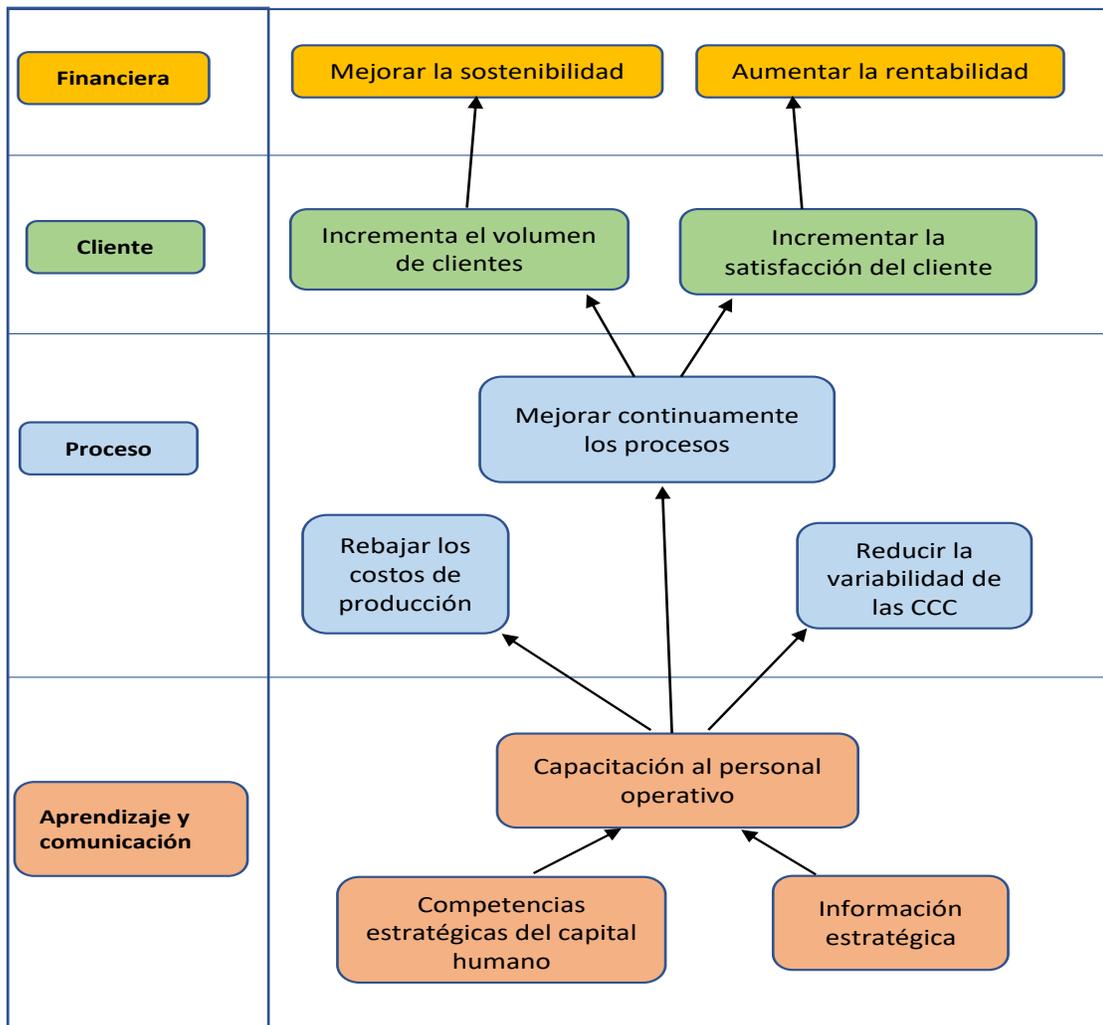
Cuadro de Mando Integral				
Empresa	CERÁMICA RAFAELA S.R.L.			
Año	2022			
Misión	Producir de manera responsable pisos y revestimientos de la más alta calidad para embellecer y realzar los ambientes de las personas			
Visión	Consolidarnos como líderes, en cuanto a; calidad, respondiendo la demanda del mercado nacional e internacional, fortaleciendo un modelo de negocio competitivo, eficiente y responsable.			
Valores	Honestidad, Dedicación, Ética, Compromiso social, Compromiso con el cliente, Transparencia			
Perspectiva	Objetivos Estratégicos	Indicadores		
Financiera	Mejorar la Sostenibilidad	F1	Crecimiento de la empresa Vs Crecimiento del sector	
	Aumentar la rentabilidad	F2	Retorno sobre la Inversión (ROI)	
Clientes	Incrementar el volumen de clientes	C1	% Crecimiento de la cuota del mercado	
		C2	% Ingreso de clientes nuevos	
	Incrementar la satisfacción del cliente	C3	% Ingreso de nuevas zonas geográficas	
		C4	% de Quejas del cliente	
Procesos	Reducir la variabilidad de las características críticas de calidad	C5	% de Defecto, Índice de error en las baldosas entregadas	
		P1	C _p y Cr, P _p y P _{pk}	
	Rebajar los costos de producción	P2	Z _c y Z _i	
		P3	PPM, DPMO, DPU	
		P4	% de Desperdicios	
		P5	% de Tiempos muertos	
		P6	% de Baldosas crudas a reproceso	
		P7	Números de procesos con mejoras sustanciales	
Aprendizaje y Conocimiento	Mejorar los procesos continuamente	P8	Costos de inspección y comprobación	
		AC1	Know-How	
	Competencias estratégicas del Capital Humano	Información estratégica	Sistemas de información (<i>Balanced Scorecard</i> , Estrategia de mejora <i>Lean Six Sigma</i>)	
			AC2	
		Gestionar el Capital Organizativo	AC3	Número de empleados orientados a la estrategia LSS
			AC4	Cantidad de mejores prácticas compartidas
	AC5	Horas de formación por persona		
	AC6	Porcentajes de medidas, datos y estadísticas con acceso a toda la empresa		

Fuente: Adaptada de Andalucía Emprende (2013)

A continuación, se muestra el mapa estratégico a nivel Macro.

DIAGRAMA N° V. 2

MAPA ESTRATEGICO DEL CMI



Fuente: Adaptado de Andalucía Empeñe (2013)

Si bien el CMI muestra las cuatro perspectivas, en el presente proyecto se tocará las perspectivas de Aprendizaje y comunicación y la perspectiva del proceso.

Durante el aprendizaje de la metodología *Lean Six Sigma*, el diseño de plantillas para disminuir la variación de las variables del proceso y disminuir los reprocesos aportará de manera significativa la comprensión de las herramientas analíticas y estadística que la metodología ofrece.

5.2. PLANIFICACIÓN PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LA PERSPECTIVA APRENDIZAJE Y COMUNICACIÓN

Es muy importante conocer de qué manera será implementada la metodología LSS dentro de la empresa, es por ello que se tomara en cuenta las competencias estratégicas del capital humano (habilidades, Know How), la información estratégica (todas las herramientas de gestión de la metodología *Lean Six Sigma*) y al capital organizativo (números de empleados orientados a LSS, horas de formación por persona). Además de formar al recurso humano, también se hablará de los recursos materiales (lugar de capacitación, equipos, etc.)

5.2.1. Recursos Humanos

Desarrollo de habilidades. Para el desarrollo de habilidades en LSS, se proporcionarán formatos de plantillas para el recojo y análisis de datos en las cinco fases de la metodología. Además, se propone la integración de un monitor de grado industrial.

TABLA N° V. 2

NOCIONES BÁSICAS PARA LA CAPACITACIÓN

Nociones Básicas para la Capacitación del Personal	
Aprendizaje	Cuando percibimos nueva información, la comparamos con la ya existente en nuestra memoria y la agrupamos o clasificamos junto con otras ya adquiridas; así vamos construyendo y enriqueciendo nuestra experiencia personal
Comunicación	Cualquier mensaje requiere de una persona emisora que manda el mensaje y una persona receptora que lo recibe. Este mensaje es interpretado por el receptor de cuatro formas posibles de manera simultánea; cuatro orejas (contenido, exhortación, revelación personal y relación personal)
Participación	Participar significa ser parte de, tomar parte en, vivir el proceso, apropiarse de la información, y sobre esta base tomar decisiones para transformar la realidad
Manejo del tiempo	somos capaces de retener y acumular información por más o menos 45 minutos

Fuente: Adaptado de Candelo, Ortíz, & Unger (2003)

El recurso humano a formarse en la Metodología *Lean Six Sigma* se detalla a continuación.

TABLA N° V. 3

PERSONAL NECESARIO PARA CAPACITACIÓN

Capacitación Recursos Humanos			
Población objetivo		Departamento de producción	
Puesto	Departamento	N° de personas	Código
Gerente de producción	Producción	1	GP1
Jefe de Calidad	Calidad	1	C1
Auxiliar de Laboratorio	Calidad	4	C2
Jefe de producción	Producción	1	P1
Supervisor de producción	Producción	3	P2
Jefe de Grupo de operarios (Línea)	Producción	3	P3
Jefe Grupo de operarios (Clasificación)	Producción	3	P4
Operarios	Producción	36	P5
Jefe de Mantenimiento	Mantenimiento	1	M1
Total		53	
Nivel de capacitación		Básico-Medio	
Tipo de capacitación		Capacitación laboral de conocimiento operativo	

Fuente: Elaboración propia

A partir de la población objetivo y según el cargo que tenga el personal se realizara la planificación para la capacitación en *Lean Six Sigma*. La implementación estará dividida en seis secciones

TABLA N° V. 4

INTRODUCCION A LA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA

METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA					15/05/2022							22/05/2022						
Tarea	Asignado A	Inicio	Fin	Duración	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
					D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
SECCIÓN 1: INTRODUCCIÓN																		
Introducción a la metodología Lean Seis Sigma	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	16-may	17-may	2														
Justificación del porque Lean Seis Sigma	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	18-may	18-may	1														
Pensamiento estadístico	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	19-may	23-may	3														
Siete herramientas básicas de la calidad	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	22-may	27-may	5														
Evaluación		28-may	28-may	1														

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° V. 5
CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLAS DE LA FASE DEFINIR

METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA					29-may-22							5-jun-22							12-jun-22							19-jun-22						
Tarea	Asignado A	Inicio	Fin	Duración	29	30	31	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
					D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
SECCIÓN DEFINIR (Plantillas)		30-may	11-jun	24																												
Matriz de priorización de proyecto	GP1, C1, P1, M1	30-may	1-jun	3																												
Clarificación del problema	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	1-jun	2-jun	1																												
Árbol crítico para la calidad	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	3-jun	6-jun	3																												
Series de tiempo	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	7-jun	7-jun	1																												
Objetivo SMART	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	8-jun	11-jun	4																												
Diagrama SIPOC	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	13-jun	15-jun	3																												
Beneficios esperados del proyecto	GP1, C1,C2, P1, M1	15-jun	17-jun	2																												
Tabla de identificación del proyecto	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	18-jun	18-jun	1																												
Recursos y necesidades del proyecto	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	20-jun	20-jun	1																												
Plan de comunicación	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	21-jun	22-jun	2																												
Diagrama Gantt	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	22-jun	23-jun	1																												
Carta del proyecto	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	24-jun	24-jun	1																												
A3 Definir	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	24-jun	24-jun	1																												
Evaluación DEFINIR		25-jun	25-jun	1																												

Fuente: Elaboración propia

PLANIFICACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN

TABLA N° V. 6
CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLAS DE LA FASE MEDIR

METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA					26-jun-22							3-jul-22							10-jul-22							17-jul-22						
Tarea	Asignado A	Inicio	Fin	Duración	26	27	28	29	30	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
					D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
SECCIÓN MEDIR (Plantillas)																																
Gage para variables	GP1, C1,C2, P1, P2	27-jun	23-jul	24																												
Gage para atributos	GP1, C1,C2, P1, P2,	27-jun	28-jun	2																												
Mapa detallado del proceso	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	29-jun	30-jun	2																												
Mapa detallado del proceso	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	1-jul	1-jul	1																												
Metricos de desempeño	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	1-jul	1-jul	1																												
Metricos de desempeño	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	2-jul	2-jul	1																												
Plan de muestreo para variables	GP1, C1,C2, P1, P2	2-jul	2-jul	1																												
Plan de muestreo para atributos	GP1, C1,C2, P1, P2	4-jul	5-jul	2																												
Plan de muestreo para atributos	GP1, C1,C2, P1, P2	4-jul	5-jul	2																												
diagrama de dispersión	GP1, C1,C2, P1, P2	6-jul	6-jul	1																												
diagrama de dispersión	GP1, C1,C2, P1, P2	6-jul	6-jul	1																												
Rendimiento	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	7-jul	8-jul	2																												
Rendimiento	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	7-jul	8-jul	2																												
índice de continuidad de salidas sin fallas	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	9-jul	11-jul	2																												
índice de continuidad de salidas sin fallas	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	9-jul	11-jul	2																												
Tabla VA/NVA	GP1, C1,C2, P1, P2	12-jul	15-jul	4																												
Tabla VA/NVA	GP1, C1,C2, P1, P2	12-jul	15-jul	4																												
Partes por millón	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	16-jul	16-jul	1																												
Partes por millón	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	16-jul	16-jul	1																												
Defectos por millón de oportunidades	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	18-jul	18-jul	1																												
Defectos por millón de oportunidades	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	18-jul	18-jul	1																												
Defectos por unidad	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	18-jul	18-jul	1																												
Defectos por unidad	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	18-jul	18-jul	1																												
Capacidad del proceso	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	19-jul	19-jul	1																												
Capacidad del proceso	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	19-jul	19-jul	1																												
A3 MEDIR	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	20-jul	21-jul	2																												
A3 MEDIR	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	20-jul	21-jul	2																												
Evaluación MEDIR		22-jul	22-jul	1																												
Evaluación MEDIR		22-jul	22-jul	1																												
Evaluación MEDIR		23-jul	23-jul	1																												
Evaluación MEDIR		23-jul	23-jul	1																												

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° V. 7
CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLAS DE LA FASE ANALIZAR

METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA					24-jul-22							31-jul-22							7-ago-22							14-ago-22							
Tarea	Asignado A	Inicio	Fin	Duración	24	25	26	27	28	29	30	31	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
					D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
SECCIÓN ANALIZAR (Plantillas)					25-jul	20-ago	23																										
Lluvia de ideas	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	25-jul	26-jul	2		■	■																										
Diagrama de Ishikawa	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	27-jul	29-jul	3			■	■	■																								
Los cinco porques	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	30-jul	1-ago	2						■		■																					
Diagrama de árbol ¿Por qué?	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	2-ago	4-ago	3									■	■	■																		
Plan de verificación de causas	GP1, C1,C2, P1, P2,M1	5-ago	9-ago	3												■				■	■												
Pruebas de hipótesis	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	10-ago	11-ago	2																	■	■											
Anova	GP1, C1,C2, P1	12-ago	15-ago	3																		■	■			■							
Correlación	GP1, C1,C2, P1, P2	15-ago	17-ago	3																						■	■	■					
Establece la Causa raiz del problema	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	18-ago	18-ago	1																										■			
A3 ANALIZAR	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	19-ago	19-ago	1																											■		
Evaluación ANALIZAR		20-ago	20-ago	1																												■	

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° V. 8
CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLAS DE LA FASE MEJORAR

METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA					21-ago-22							28-ago-22							4-sep-22							11-sep-22						
Tarea	Asignado A	Inicio	Fin	Duración	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
					D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
SECCIÓN MEJORAR (Plantillas)					22-ago	17-sep	22																									
Lluvia de ideas	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	22-ago	22-ago	1		■																										
Selección de ideas	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	23-ago	23-ago	1			■																									
Plan de acción	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, M1	24-ago	25-ago	2				■	■																							
Tablas de reportes de me	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	26-ago	26-ago	1						■																						
Poka- Yoke	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	27-ago	29-ago	2							■		■																			
DOE	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	30-ago	2-sep	4									■	■	■	■																
Balanceo de línea	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	3-sep	5-sep	2															■		■											
SMED	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	6-sep	8-sep	3																■	■	■										
Estandarización	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	9-sep	12-sep	3																			■	■		■						
Jidoka	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, M1	13-sep	15-sep	3																						■	■	■				
A3 MEJORAR	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	16-sep	16-sep	1																									■			
Evaluación MEJORAR		17-sep	17-sep	1																										■		

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° V. 9
CAPACITACIÓN PARA EL USO DE PLANTILLAS DE LA FASE CONTROLAR

METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA					18-sep-22							25-sep-22							2-oct-22							9-oct-22						
Tarea	Asignado A	Inicio	Fin	Duración	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
					D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
SECCIÓN CONTROLAR (Plantillas)																																
Gráficas de control (X-R, XS, X-I)	GP1, C1,C2, P1, P2, P3	19-sep	15-oct	23																												
Gráficas de control (nP, P, u, c)	GP1, C1,C2, P1, P2, P3	19-sep	24-sep	6																												
Gráficas de control (nP, P, u, c)	GP1, C1,C2, P1, P2, P3	26-sep	1-oct	6																												
Estandar de trabajo	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	3-oct	8-oct	6																												
Plan de control	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	3-oct	8-oct	6																												
Plan de control	GP1, C1,C2, P1, P2, M1	10-oct	10-oct	1																												
Validación de los beneficios y mejoras	GP1, C1,C2, P1, M1	10-oct	10-oct	1																												
Validación de los beneficios y mejoras	GP1, C1,C2, P1, M1	11-oct	12-oct	2																												
A3 CONTROLAR	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M29	13-oct	13-oct	1																												
Presentacion final	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	13-oct	13-oct	1																												
Presentacion final	GP1, C1,C2, P1, P2, P3, P4, P5, M1	14-oct	14-oct	1																												
Evaluación CONTROLAR		14-oct	14-oct	1																												
Evaluación CONTROLAR		15-oct	15-oct	1																												

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Competencias Estratégicas del Capital Humano (Know-How)

Una vez completado el curso se recomienda seguir formando al personal directivos para que ellos sean los cinturones negros en LSS. Para ello se sugiere tomar cursos de Cinturones Negros que se ofertan en el mercado del aprendizaje.

Una vez formados, tendrán la obligación de capacitar, actualizar conocimientos, corregir al personal formado en *Lean Six Sigma*.

5.3. RECURSOS MATERIALES

Dentro de los recursos materiales más importantes se mencionará, la infraestructura y los equipos de capacitación y materiales

5.3.1. La infraestructura

La infraestructura necesaria para poder capacitar al personal.

- Sala de capacitación
- Laboratorios: laboratorio de producto terminado, laboratorio de materia prima, laboratorio de barbotina.
- Línea de Producción
- Comedor

5.3.2. Equipos Mobiliarios para la Capacitación

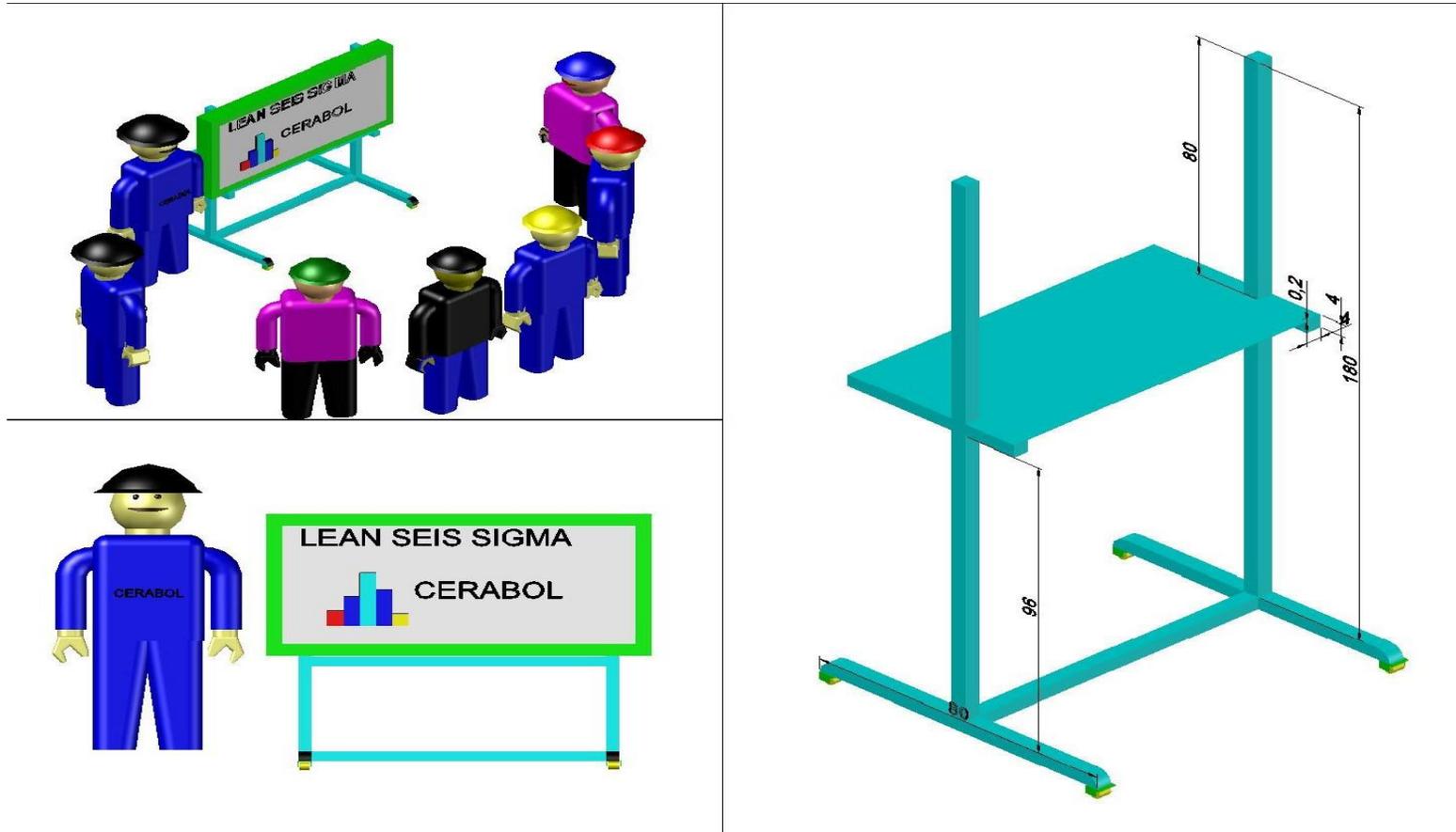
Monitor de Grado Industrial

Se sugiere la adquisición de un monitor de grado industrial que será montado en una estructura móvil el cual se podrá movilizar por toda la planta. Se elije el monitor industrial porque estos pueden trabajar en entornos exigentes, tales son las vibraciones que se genera en el prensado, el polvo atomizado, la temperatura de los hornos, etc.

La figura N° V. 32, muestra el diseño de la estructura donde se empotrará el monitor industrial.

FIGURA N° V. 1

CAPACITACIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO



Fuente: Elaboración propia

**DESARROLLO Y ADAPTACIÓN DE
PLANTILLAS PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA***

DESARROLLO Y ADAPTACIÓN DE PLANTILLAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA*

Los formatos de plantillas serán de mucha ayuda para poder implementar la metodología *Lean Six Sigma*. Con ellas se espera que el personal que se entrene en habilidades *Lean Six Sigma* tenga mayor capacidad de aprendizaje, que el tiempo de aprendizaje de cada herramienta sea más corto, que relacione las variables de su proceso, etc.

Estas plantillas están divididas en cinco partes, cada parte para una fase de la metodología que serán aplicadas según el tipo de variable.

TABLA N° VI. 1
TIPOS DE VARIABLES EN EL PROCESO PRODUCTIVO

Actividad o Subproceso	Características Críticas de Calidad	
	Variables de Tipo continuo	Variables de Tipo Discreto
BARBOTINA	Densidad	
	Viscosidad	
	Residuo	
ATOMIZADO	% DE Humedad	
	Tamaño de grano	
PRENSADO	Densidad aparente	Contaminación de arcilla
	Peso	Arcilla prensada
	Espesores	Mordida de ratón
		Prendido
SECADO	Perfil de temperatura	contaminación de aceite
	Humedad	
	Dimensiones	
ENGOBADO Y ESMALTADO	Densidad	Contaminación de Engobe
	Viscosidad	Balsa
	Peso	Pinchado
SERIGRAFÍA	Densidad	Descentrado en el diseño
	Viscosidad	Raya de la Colora HD.
	Peso	
COCCIÓN	Perdida de Fuego	Contaminación de horno
	contracción	Sordo
	Dimensiones	

Fuente: Elaboración propia

6.1. FASE CERO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA

Se tomará en cuenta los formatos de plantillas que se requerirán para poder llevar a cabo las capacitaciones.

6.1.1. Planillas para el Antes de la capacitación

Estas plantillas servirán para gestionar el tipo de capacitación

TABLA N° VI. 2

PLANIFICACIÓN PARA ANTES DEL TALLER/EVALUACIÓN

Tipo de Capacitación		Curso			
		Curso Virtual			
		Seminario			
		Simposio			
		Taller			
		Congreso			
(Nombre del taller)					
Fecha			Capacitador(es)	Área/Dpto.	Jefe de Área/Dpto.
Día	Mes	Año			
Observaciones					
Objetivo(s)					
1. _____					
A. Antes del Taller					
Listado de los Requerimientos del Lugar			Listado de los materiales necesario (visualización, participación)		
<input type="checkbox"/> Sala de reuniones <input type="checkbox"/> Laboratorio de _____ <input type="checkbox"/> Sección de grano atomizado <input type="checkbox"/> Sección de producto terminado Metros cuadrados _____ <input type="checkbox"/> Iluminación (Nat./Art.) _____ <input type="checkbox"/> Sin obstáculos que perturben la visión <input type="checkbox"/> Mesas livianas <input type="checkbox"/> Lugar tranquilo y seguro <input type="checkbox"/> Normas del lugar adecuada <input type="checkbox"/> Equipo técnico para el taller			<input type="checkbox"/> Computadoras <input type="checkbox"/> Papelógrafo <input type="checkbox"/> Tableros <input type="checkbox"/> Pizarra <input type="checkbox"/> Proyector <input type="checkbox"/> Pegamento <input type="checkbox"/> Bolígrafos <input type="checkbox"/> Engrapadoras <input type="checkbox"/> Alfileres <input type="checkbox"/> Silvatos <input type="checkbox"/> Cintas adhesivas <input type="checkbox"/> Cámara de fotografía <input type="checkbox"/> Tarjetas de anotaciones <input type="checkbox"/> Libretas de apuntes <input type="checkbox"/> Regalos o premios para los participantes		
Otros : 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ 7. _____ 8. _____					
B. Después del Taller					
Necesidad de Capacitación Especial					
N°	Nombre del trabajador	Puesto	Necesidad(es) de capacitación detectada(s)	Fecha de capacitación	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

C:\Users\HP\2019\Desktop\rehabiendo proyecto de grado\FORMATO DE TABLAS PARA CAPACITACION.dwg, 2/6/2022 10:30:57, PublishToWeb JPG.pc3

Fuente: Adaptada de Candelo, Ortíz, & Unger (2003) Nota. Formato de plantilla.

6.1.2. Planillas a Utilizar Durante y Después de la Capacitación

Esta plantilla tiene como objetivo conocer el grado de satisfacción que tiene el personal capacitado sobre el tema, capacitador, metodología y el lugar donde se realizó la capacitación.

TABLA N° VI. 3

EVALUACIÓN DEL TALLER/EVALUACIÓN

Nombre del Curso:		Fecha			
Las siguientes preguntas y frases están relacionadas con aspectos de este curso. Indicar si esta de acuerdo o no con los conceptos indicados abajo, y proveer comentarios cuando sea apropiado					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	No aplicable
CONTENIDO					
Objetivos fueron claramente explicados					
Objetivos fueron cumplidos					
Entendió el material y tema de este curso					
El contenido es relevante para mi trabajo (Si no, explique)					
METODOLOGÍA					
Las siguientes actividades/materiales ayudaron a entender el contenido y alcanzar los objetivos:					
Asignación recibida antes del curso					
Material impreso					
Discusión en clase					
Ejercicios/lecturas/actividades					
Audio/videos					
INSTALACIONES Y COORDINACIÓN					
El salón de clases fue adecuado para este tipo de curso					
FACILITADOR					
Conoce el tema objeto del curso					
La presentación fue clara y ayudo a entender el tema					
Promovió la discusión y participación					
Respondió apropiadamente las preguntas					
Manejo el grupo con dinamismo					
Mantuvo la discusión y actividades enfocadas en los objetivos					
ACCIONES PLANEADAS					
Como resultado del curso, que planea usted hacer/aplicar?					
EVALUACIÓN GENERAL DE CURSO					
1= Totalmente inaceptable 10= Excepcional					
Hay algo que pueda ser un impedimento para que usted aplique lo aprendido?					
Que otro grupo o personas Usted recomienda para que tomen este curso?					
Comparta alguna otra información que pueda ser útil para mejorar este curso.					

Fuente: Tomado de Phillips & Stone (2002)

6.2.2. Plantilla de Clarificación del Problema

El objetivo de esta plantilla es evitar posibles sesgos de elección de proyectos.

En esta plantilla participan el gerente de producción, el jefe de producción, jefes de áreas, jefes de grupo y el personal operativo.

La idea es recopilar la mayor cantidad de información sobre el problema.

TABLA N° VI. 5

FORMATO DE PLANTILLA PARA LA CLARIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Clarificación del Problema		
	Como se reporto inicialmente el problema	Foto, imagen o Bosquejo del Problema
	Producto o Numero de Parte:	
	Cliente:	
	Liste toda la información que podría ayudar a definir el problema con mayor exactitud	
Qué?	Que esta pasando?	
	Que tipo de problema es?	
	Las especificaciones o lo que es o no un defecto están claros?	
	La severidad del problema varia?	
Porqué?	Por que es un problema?	
Quién?	A quien afecta el problema? Para el cliente?	
	Quien detecto el problema?	
	Quien reporto el problema?	
	A Quien se le reporto el problema?	
	Quien se esta quejando?	
Dónde?	Donde se observo el problema? En una pieza o producto? En que área o lote?	
	Donde se informo del problema?	
	Donde ocurrió el problema?	
	Ocurrió con el cliente?	
	Ocurrió dentro de la empresa?	
Cuándo?	Cuando el problema fue descubierto o reportado?	
	En que turno se encontró el problema?	
	Cuando fue la ultima vez que se reporto el problema?	
cuánto?	Cual es la magnitud del problema?	
	Se puede cuantificar en PPM?	
	Cuanto producto esta implicado?	
	Cuanto dinero, tiempo y personal esta costando el problema?	
	Cual es el métrico del problema?	
	Cual es la situacion ideal?	
	Cual situacion actual?	
	Cual es el Gap?	

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

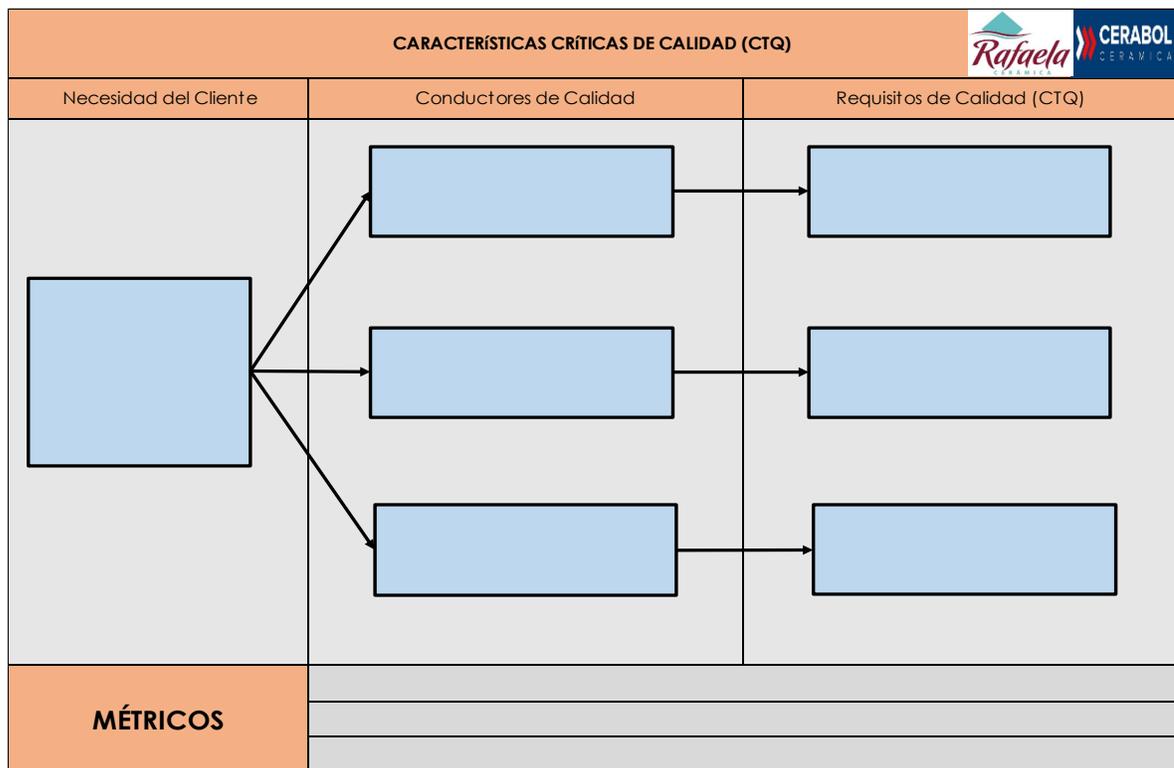
6.2.4. Plantillas de Características Críticas de calidad

El objetivo de esta plantilla es describir la necesidad crítica que se quiera mejorar para incrementar la satisfacción del cliente, analizar los posibles conductores de calidad y sobre todo los requisitos de calidad.

En el relleno de esta plantilla participan los jefes de calidad y producción con la ayuda de los supervisores de producción y los auxiliares de laboratorio.

DIAGRAMA N° VI. 1

FORMATO DE PLANTILLA PARA DETERMINAR LA CTQ

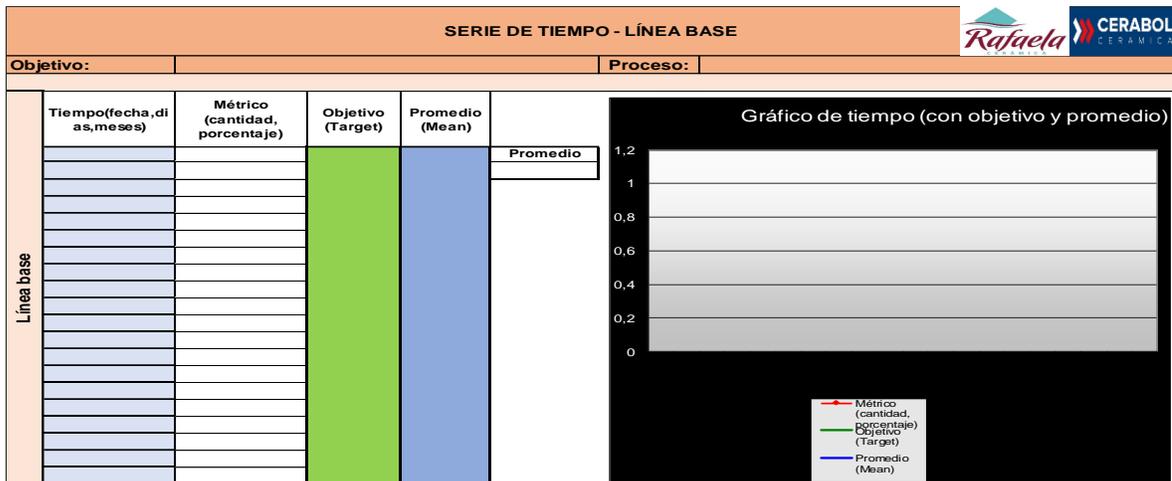


Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.5. Plantillas de Series de Tiempo-Línea Base

Su objetivo es conocer el comportamiento de la variable analizada con el defecto por analizar en un tiempo determinado. Se toma en cuenta el tiempo, la métrica, el objetivo

TABLA N° VI. 7
PLANTILLA PARA LA SERIE DE TIEMPO

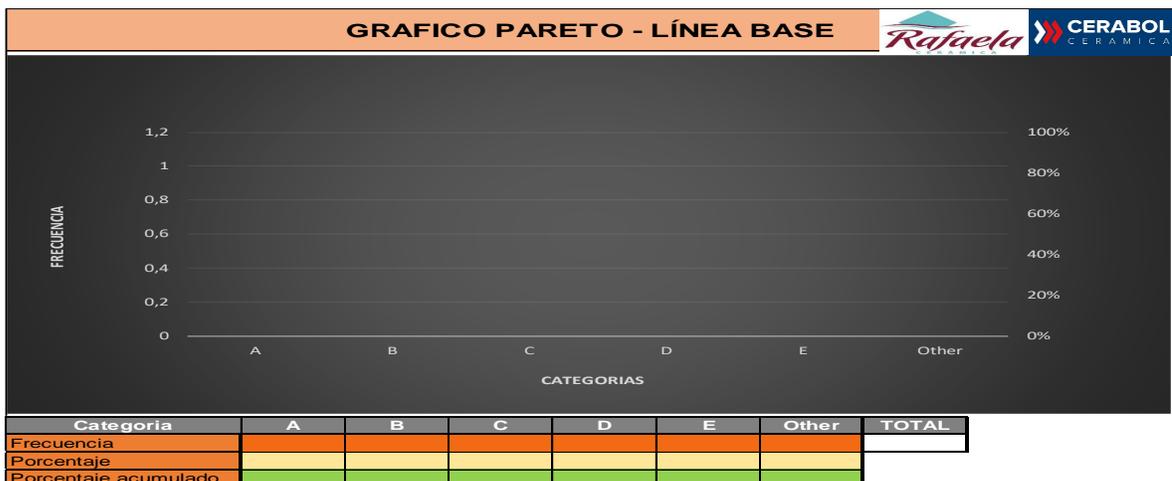


Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.6. Plantilla de Diagrama de Pareto

El objetivo de esta plantilla es conocer los problemas vitales, respecto de los triviales. Además de analizar a los defectos en la etapa final de producción y detectar cual es el defecto que más aparece y de manera constante.

DIAGRAMA N° VI. 2
PLANTILLA PARA EL DIAGRAMA DE PARETO



Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.7. Plantillas de los Objetivos SMART del Proyecto

Este objetivo debe ser cuantificable, específico e inteligente y además debe ser alcanzable en un tiempo no muy largo, esto dependerá del tipo de proyecto.

TABLA N° VI. 8

FORMATO DE PLANTILLA PARA EL OBJETIVO DEL PROYECTO

Objetivo del Proyecto		
S	Específico(Specific):	
M	Medible(Measurable):	
A	Alcanzable(Attainable):	
R	Relevante(Relevant):	
T	Periodo de tiempo específico(Time Based):	
Objetivo SMART		

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.8. Plantilla de Beneficios Esperados

Su objetivo es demostrar los beneficios que se pueden obtener al realizar el proyecto *Lean Six Sigma*. En la cual se muestra el criterio, la métrica a mejorar, los ahorros que puede tener la empresa si el proyecto es exitoso.

TABLA N° VI. 9

FORMATO DE PLANTILLA DE BENEFICIOS POTENCIALES

BENEFICIOS O AHORROS POTENCIALES					
CRITERIO	METRICO	BASE LINE - ACTUAL	AHORRO	BENEFICIO - MEJORA	
DESEADO					
GOAL					
RETADORA					

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

Otra plantilla que también es utilizada es la de entregables del proyecto en la cual se demuestran los grandes ahorros que pueden ser medidos por los estados financieros de la empresa y los ahorros que traen beneficios pero que no pueden ser cuantificados por los estados financieros.

TABLA N° VI. 10

FORMATO DE PLANTILLA DE ENTREGABLES DEL PROYECTO

ENTREGABLES DEL PROYECTO	
Ahorros Duros	Ahorros Suaves

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.9. Plantilla de Identificación del Proyecto

Su objetivo de esta plantilla es conocer el caso de negocio, conocer las variables críticas de calidad, la línea base con la que se quiere comenzar y los ahorros que se desean obtener

TABLA N° VI. 11

FORMATO DE PLANTILLA DE IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

TABLA DE IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO					
CASO DEL NEGOCIO	CTQ	LINEA BASE	OBJETIVO	IDEAL	AHORRO

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.10. Plantilla de Miembros del Equipo de Trabajo

El objetivo es conocer las personas ideales que se encarguen de llevar a cabo el proyecto. Partiendo de la idea de que el personal tiene funciones propias dentro de la actividad del proceso, se debe elegir con mucho cuidado al personal.

TABLA N° VI. 12

FORMATO DE PLANTILLA DE MIEMBROS DEL EQUIPO DE TRABAJO

MIEMBROS DE EQUIPO DE TRABAJO			
ROL	NOMBRES	AREA DE TRABAJO	
Champion / Sponsor			
Dueño del Proceso			
Finanzas			
Mentor (MBB-BB)			
Facilitador (GB-BB)			
Team Member			
Team Member			
Team Member			

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.11. Plantilla de Diagrama Gantt

Su objetivo es la de planificación de actividades que se lleven a cabo durante la implementación de la metodología o para cuando se realice proyectos.

TABLA N° VI. 13

FORMATO DE PLANTILLA DEL DIAGRAMA GANTT

DIAGRAMA DE GANTT								
Proyecto:		Fecha de inicio	jue, 11/08/2022					
Nombre de la empresa:		Responsable del proyecto:	Semana a mostrar:	1				
				ago de 2022	ago de 2022	ago de 2022	ago de 2022	sep de 2022
				8 9 # # # # # # # # # #	22 23 24 25 26 27 28	29 30 31 1 2 3 4	5 6 7 8 9 10 11	
				l m m j v s d	l m m j v s d	l m m j v s d	l m m j v s d	
TAREA	ASIGNADO A	PROGRESO	INICIO	FIN				
DEFINIR		0%						
Tarea 1		0%						
Tarea 2		0%						
Tarea 3		0%						
Tarea 4		0%						
MEDIR		0%						
Tarea 1		0%						
Tarea 2		0%						

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.12. Plantilla de Plan de Comunicación

Su objetivo es detallar un modo de comunicar los avances, logros, sobrellevar un conflicto, y pedir apoyo. Ya que el equipo estará conformado por personas de diferentes áreas

TABLA N° VI. 14

FORMATO DE PLANTILLA DE UN PLAN DE COMUNICACIÓN

PLAN DE COMUNICACIÓN								
PROYECTO:								
TEMA	PROPOSITO	RESPONSABLE	AUDIENCIA	MEDIO	LUGAR	FRECUENCIA		

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.13. Plantillas de Recursos para el Proyecto

Su objetivo es conocer la cantidad de recursos y el tipo de recurso a utilizar en la elaboración de proyecto, como ser, equipos, base de datos, mano de obra,

herramientas, registros, etc. En la descripción se tiene que justificar de manera detallada el uso del recurso solicitado.

TABLA N° VI. 15

FORMATO DE PLANTILLA PARA LOS RECURSOS PARA EL PROYECTO

RECURSOS PARA EL PROYECTO		
RECURSO	DESCRIPCIÓN	OBTENCIÓN

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.2.14. Plantilla de A3 Definir del Proyecto

Es una herramienta que recopila toda la información importante de la fase definir y con esos datos de plantillas que se compone, pasa a la siguiente etapa de la Metodología *Lean Six Sigma*.

El ser la plantilla más representativa de la fase Definir, es importante que todo el equipo esté presente y debe ser comunicada a todo el personal de esa área.

Los datos que aparecen en esta plantilla son los objetivos. Las métricas claves, los recursos a utilizar, el equipo de trabajo, el enunciado del problema, los ahorros potenciales y la fecha de inicio y final del proyecto.

TABLA N° VI. 16
FORMATO DE PLANTILLA A3 DEFINIR

Nombre del Proyecto			
Enunciado del Problema o Negocio		Métrica Clave	
		Línea Base	IDEAL
		GAP:	
Objetivo		GRAFICO DEL PROBLEMA	
Miembros del Equipo			
Champion / Sponsor			
Dueño del Proceso			
Finanzas			
Mentor (MBB-BB)			
Facilitador (GB-BB)			
Team Member			
GRAFICO SECUNDARIO(PARETOS/OTRAS SERIES DE TIEMPO)			
GRAFICO SECUNDARIO(PARETOS/OTRAS SERIES DE TIEMPO)			
		Ahorro Potencial	
		Fecha	
		Comienzo	Final
		Empresa:	

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3. FASE MEDIR DE LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA*

Esta fase se dividirá en dos partes, una que se dedicará a validar el sistema de medición y, otra a cuantificar las piezas de no calidad.

6.3.1. Plantillas para Validación del Sistema de Medición Continuo

Su objetivo es ayudar a la realización de un estudio de reproducibilidad y repetibilidad de la variable estudiada (métrica Cuantitativa continua).

TABLA N° VI. 17

FORMATO DE PLANTILLA PARA UN ESTUDIO DE CAPACIDAD

ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL INSTRUMENTO (MÉTODO LARGO)																							
																							
Especificaciones: El = _____ ES = _____		Fecha: _____																					
Tolerancia = _____		Estudio: _____																					
		Departamento: _____																					
		Tipo de gage: _____																					
		Núm. de gage: _____																					
Número de partes	Operador A				Operador B				Operador C														
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango											
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
Total																							
Suma	← \bar{R}_A				← \bar{R}_B				← \bar{R}_C														
\bar{X}_A					Suma \bar{X}_B				Suma \bar{X}_C														
\bar{R}_A					LCS = $(\bar{R}) (D_4)$				Ensayos D_4														
\bar{R}_B									2 3.27														
\bar{R}_C									3 2.57														
Suma																							
\bar{R}																							
Marque aquellos rangos que se encuentran arriba de LCS. Identifique la causa y corríjala. Repita esas mediciones usando el mismo operador y la misma unidad. Recalcule \bar{R} y LCS.																							
Repetibilidad (variación del equipo):			<table border="1"> <tr> <td>\bar{R}_1 ensayos y \bar{R}_2 operadores</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>\bar{R}_1</td> <td>4.56</td> <td>3.05</td> </tr> <tr> <td>\bar{R}_2</td> <td>3.65</td> <td>2.70</td> </tr> <tr> <td>n = número de partes,</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>t = número de ensayos</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>			\bar{R}_1 ensayos y \bar{R}_2 operadores	2	3	\bar{R}_1	4.56	3.05	\bar{R}_2	3.65	2.70	n = número de partes,			t = número de ensayos			Análisis en % de tolerancias:		
\bar{R}_1 ensayos y \bar{R}_2 operadores	2	3																					
\bar{R}_1	4.56	3.05																					
\bar{R}_2	3.65	2.70																					
n = número de partes,																							
t = número de ensayos																							
$VE = Rk_1 = \text{_____}$ $\sigma_{reps} = \frac{VE}{5.15} = \text{_____}$			$\%VE = \frac{100(VE)}{\text{tolerancia}} = \text{_____} = \text{_____}$ $\%VO = \frac{100(VO)}{\text{tolerancia}} = \text{_____} = \text{_____}$ $P/T = \% R\&R = \sqrt{(\text{_____}\%)^2 + (\text{_____}\%)^2} = \text{_____}$																				
Reproducibilidad (variación de operador):						Criterio de aceptación:																	
$VO = \sqrt{(\bar{R} \text{ Dif.})^2 - \frac{(VE)^2}{n}} = \sqrt{((\text{_____}) (\text{_____}))^2 - \frac{(\text{_____})^2}{(\text{_____})}} = \text{_____}$ $\hat{\sigma}_{reprod} = \frac{VO}{5.15} = \text{_____}$						* Abajo de 10% → Excelente proceso * De 10 a 20% → Bueno, aceptable * De 20 a 30% → Marginalmente aceptable * Arriba de 30% → Inaceptable y debe ser corregido																	
Reproducibilidad y reproducibilidad:																							
$EM = R\&R = \sqrt{VE^2 + VO^2} = \sqrt{(\text{_____})^2 + (\text{_____})^2} = \text{_____}$ $\hat{\sigma}_{R\&R} = \frac{R\&R}{5.15} = \text{_____}$																							

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3.2. Plantillas para Validación del Sistema de Medición Discreto

Su objetivo es analizar las fuentes de variación y cuantificarlo a través de un estudio de reproducibilidad y repetibilidad.

Para el relleno de esta plantilla es necesario cotar con el personal que realiza las mediciones, personal que analiza las mediciones y con el jefe de área.

Se analiza al equipo de medición, su apreciación, calibración. Y se analiza a la persona que mide y el procedimiento que realiza al medir.

TABLA N° VI. 18

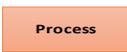
FORMATO DE PLANTILLA PARA UN ESTUDIO R&R DISCRETO

ESTUDIO R&R DISCRETO									
(Método de análisis de riesgos)									
Responsable:				Fecha:					
Código de 1° calidad				Estudio:					
Código de 2° calidad									
N° Baldosa	1° Ensayo			2° Ensayo			Repetibilidad		
	1								
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
TOTAL									

Fuente: Tomado de Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2013)

TABLA N° VI. 20

FORMATO DE PLANTILLA DEL DIAGRAMA DE FUNCIONES CRUZADAS

Diagrama de Funciones Cruzadas				
Nombre del Proceso				
Simbolos				
CUSTOMER	Pasos del Proceso			
Preparación Barbotina				
Atomización				
Prensado				
Secado				
Engobado- Esmaltado				
Serigrafía				
Cocción				
Clasificación y Empaquetado				
Línea de Tiempo				
Distancia				
Métricas				
Observaciones				

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3.5. Plantillas de Métricos de Desempeño

Una vez analizado el mapa de proceso se define las métricas que se van a utilizar durante el proyecto

TABLA N° VI. 21

FORMATO DE PLANTILLAS DE LOS MÉTRICOS DE DESEMPEÑO

MÉTRICOS DE DESEMPEÑO			
PROCESO	MÉTRICOS		

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3.6. Plantilla de Plan de Muestreo para Datos Cualitativos

Su objetivo es definir el plan de muestreo y cuantificar la cantidad de baldosas a ser inspeccionadas. En el cual se establecerán el tipo de defecto que se medirá, las características a medir, el margen de error, nivel de confianza, estrategia del muestreo, el tamaño de la muestra y la frecuencia del muestreo.

TABLA N° VI. 22

FORMATO DE PLANTILLA PARA UN PLAN DE MUESTREO CUALITATIVA

PLAN DE MUESTREO DATOS CUALITATIVOS			
¿QUE ES LO QUE SE VA A CONTAR?			
TAMAÑO DE LA POBLACION (N)			
CARACTERISTICA A MEDIR			
QUE PROPORCION DE LA POBLACION SE ESTIMA QUE CONTIENE ESTA			
MARGEN DE ERROR (E)			
NIVEL DE CONFIANZA (1- α)			
ESTRATEGIA DE MUESTREO			
TAMAÑO DE LA MUESTRA			
FRECUENCIA DE MUESTREO			

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

TABLA N° VI. 23

FORMATO DE PLANTILLA PARA EL CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

MUESTRA DATOS CUALITATIVOS			
	DATOS		TAMAÑO DE MUESTRA
N			Tamaño de la poblacion desconocida
p		n	
1-p			
1- α			
α			
$\alpha/2$			
Z			Tamaño de la poblacion conocida
E		n	

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3.7. Planillas de Plan de Muestreo Cuantitativo

El objetivo de estas plantillas es conocer la variable de estudio, tamaño de la población, características a medir, tamaño de la muestra, tanto para poblaciones conocidas, como para poblaciones desconocidas, etc.

TABLA N° VI. 24

FORMATO DE PLANTILLA PARA UN PLAN DE MUESTREO CUANTITATIVO

PLAN DE MUESTREO DATOS CUANTITATIVOS	
QUE ES LO QUE SE VA A MEDIR	
TAMAÑO DE LA POBLACION (N)	
CARACTERISTICA A MEDIR	
DESVIACION ESTANDAR ESTIMADA (S o σ)	
MARGEN DE ERROR (E)	
NIVEL DE CONFIANZA (1- α)	
ESTRATEGIA DE MUESTREO	
TAMAÑO DE LA MUESTRA	
FRECUENCIA DE MUESTREO	



Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

TABLA N° VI. 25

FORMATO DE PLANTILLA PARA CALCULAR EL TAMAÑO DE LA MUESTRA

MUESTRA DATOS CUANTITATIVOS			
	DATOS	TAMAÑO DE MUESTRA	
N		Tamaño de la población desconocida	
σ		n	
$1-\alpha$			
α			
$\alpha/2$			
Z		Tamaño de la población conocida	
E		n	

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3.8. Plantilla de Hoja de Verificación

Su objetivo es recopilar la cantidad de baldosas defectuosas según el criterio (defectos) que se esté analizando.

TABLA N° VI. 26

FORMATO DE PLANTILLA DE UNA HOJA DE VERIFICACIÓN

HOJA DE VERIFICACION					
PROCESO		FECHA		TURNO	
RESPONSABLE		METRICO			
EQUIPO DE MEDICION					
INSTRUCCIONES:					
CRITERIO	CONTEO	FRECUENCIA	ACUMULADO	OBSERVACIONES	

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3.9. Plantilla de plan de recolección de datos

Su objetivo es detallar lo más claro posible la variable a medir, los factores de estratificación, los criterios de operación, el tamaño de la muestra, etc.

TABLA N° VI. 27

FORMATO DE PLANTILLA PARA UN PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

PLAN RECOLECCION DE DATOS						
MEDICION	FACTORES DE ESTRATIFICACION	DEFINICION OPERACIONAL	TAMAÑO DE LA MUESTRA	FUENTE DE INFORMACION	METODO DE RECOPIACION	QUIEN RECOPILA DATOS
UTILIZACION DE DATOS				PRESENTACION DE DATOS		

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3.10. Plantillas de Rendimiento Actual del Proceso

El objetivo de estas plantillas es facilitar el cálculo del rendimiento de una etapa del proceso y la otra plantilla calcula el rendimiento de todas las actividades del proceso.

Una vez realizada el muestreo y la verificación del defecto con la hoja de verificación. Se procede a calcular el rendimiento de una etapa del proceso o todas las etapas del proceso.

TABLA N° VI. 28

FORMATO DE PLANTILLA DE RENDIMIENTO

Rendimiento			
PIEZAS BUENAS			DEFECTOS
PIEZAS MALAS			YIELD
PIEZAS TOTALES			

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

TABLA N° VI. 29

FORMATO DE PLANTILLAS PARA CALCULAR EL RENDIMIENTO DE RENDIMIENTOS

Rendimiento de Rendimientos							OK a la Primera	
Step	Name	In	Defects	Rework	Out	Yield	Out	Yield
INICIO	PROCESO							
1	ESTACION 1							
2	ESTACION 2							
3	ESTACION 3							
4	ESTACION 4							
5	ESTACION 5							
6	ESTACION 6							
RTY							FPY	

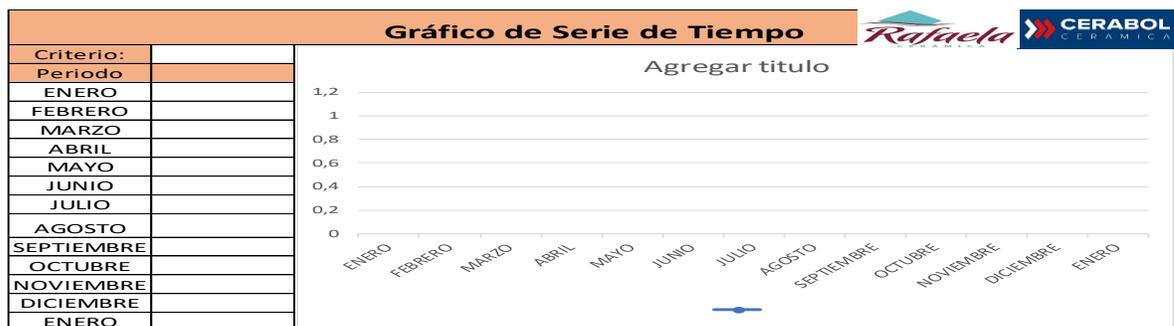
Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3.11. Plantilla de Gráfico de Serie de Tiempo

Facilita la visualización del comportamiento de esa variable con los defectos estudiados en un lapso de tiempo determinado.

DIAGRAMA N° VI. 3

FORMATO DE PLANTILLA PARA UN GRÁFICO DE SERIE DE TIEMPO



Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.3.15. Plantilla A3 Medir de la Metodología *Lean Six Sigma*

Su objetivo es hacer un resumen de todas las partes más importantes realizada en toda la fase de Medir. Esta plantilla tiene que ser rellena por los jefes de calidad y producción y dada a conocer a todo el equipo de trabajo.

TABLA N° VI. 33

FORMATO DE PLANTILLA A3 MEDIR

MEDIR		
DOCUMENTACION ESTADO ACTUAL DEL PROCESO	SISTEMA DE MEDICION GR&R	
BASE LINE - ESTADO ACTUAL	MEDICION DE DATOS (DESEMPEÑO DEL PROCESO, HISTOGRAMAS, PARETOS, ETC)	
OBJETIVO SMART		

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.4. FASE ANALIZAR DE LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA*

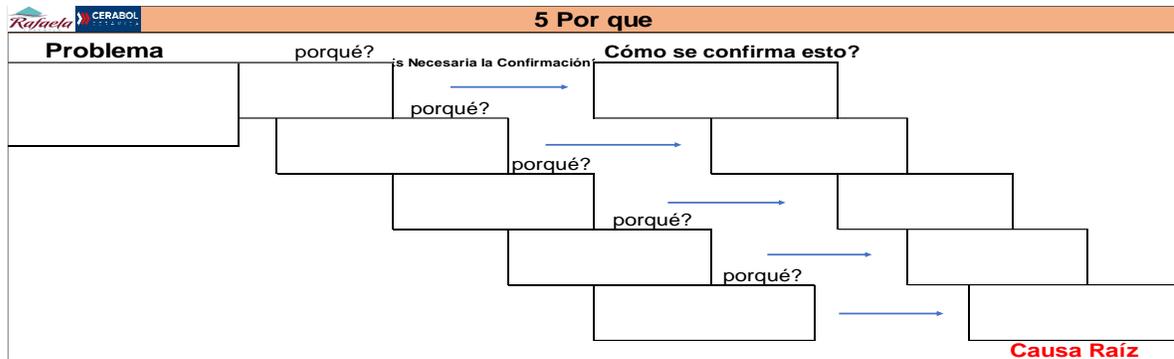
En esta fase se analizan las posibles causas más probables del defecto que se desea corregir. Y posteriormente se validan.

6.4.3. Plantilla de los Cinco Porques

Su objetivo es conocer más a fondo la causa del problema. y se lo consigue preguntando cinco veces por qué?

DIAGRAMA N° VI. 5

FORMATO DE PLANTILLA DE LOS CINCO PORQUÉS



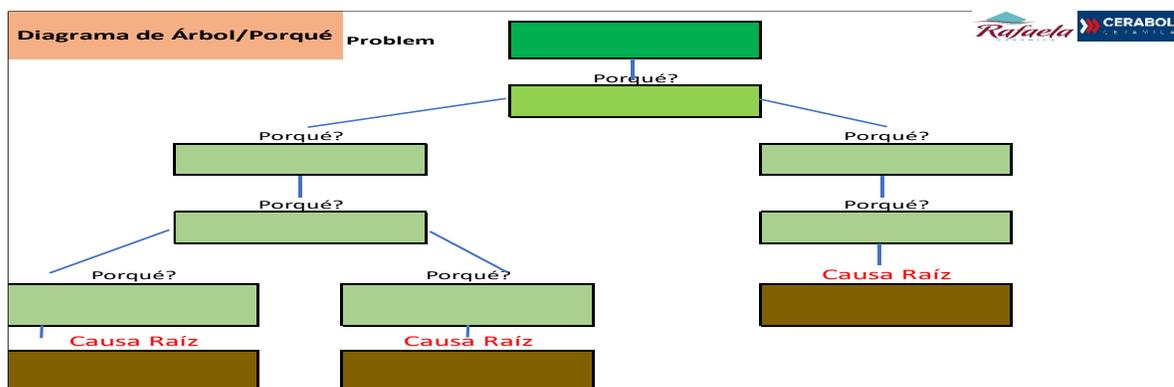
Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.4.4. Plantilla del Diagrama de Árbol

Su objetivo es analizar problemas más complejos cuando una pregunta de los cinco porques tiene más de una respuesta. Muestra las diferentes maneras en el que el proceso puede fallar o causas que puedan generar el problema

DIAGRAMA N° VI. 6

FORMATO DE PLANTILLA DE UN DIAGRAMA DE ÁRBOL



Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.4.5. Plantilla del Plan de Verificación de las Causas

Su objetivo es verificar y validar las causas potenciales o causas raíces del problema. se debe ir al área donde se genera el problema para su validación.

Su uso es muy necesario ya que se analiza de todos los enfoques posibles a las causas. En esta plantilla se enuncia la posible causa la cual tiene que ser verificada por un responsable, ya sea los jefes de calidad o producción o el mismo gerente de producción. Una vez verificada la causa y de poseer una alta probabilidad de éxito, se valida anotando un uno.

TABLA N° VI. 35

PLANTILLA PARA UN PLAN DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS

 Plan de Verificación de las Causas					
Posible Causa	Acción de Verificación	Responsable	Fecha de Validación	CHECK (1=SI)	COMMENTS

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.4.6. Plantilla A3 Analizar de la Metodología *Lean Six Sigma*

En esta plantilla se resume las partes más importantes de la fase Analizar. El relleno de esta plantilla es realizado por los jefes de calidad y producción, en la cual van listadas las causas más probables, causas raíces, causas potenciales,

causas validadas, causas que serán tratadas y solucionadas en la siguiente fase de la metodología, Mejorar.

TABLA N° VI. 36

FORMATO DE PLANTILLA PARA UN A3 DE LA FASE ANALIZAR

		ANALIZAR	
		ANALISIS DE LA CAUSA RAIZ	
CAUSAS POTENCIALES		VALIDACION DE CAUSAS POTENCIALES	
IDENTIFICACION DE LA CAUSA RAIZ DEL PROBLEMA			

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.5. FASE MEJORAR DE LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA*

Las plantillas de esta fase se utilizarán cambiar algunas variables de alguna de las actividades del proceso. lo que busca es ayudar a solucionar las causas de variación que se detectó en la etapa anterior.

6.5.1. Plantilla para Seleccionar las Soluciones

Su objetivo es ordenar y analizar las soluciones y posteriormente seleccionar la mejor solución tomando en cuenta los costos, tiempo, esfuerzos y factibilidad

TABLA N° VI. 37

FORMATO DE PLANTILLA PARA LA SELECCIÓN DE SOLUCIONES

 Selección de Soluciones									
Planteamiento del Problema	Causa Raíz Validada	Soluciones Potenciales	Método Práctico	Esfuerzo	Beneficio	Factibilidad	Costo-Beneficio	General	Solución

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.5.2. Plantilla del Plan de Acción de la Mejora

Su objetivo de esta plantilla es ayudar a dar seguimiento y validar las mejoras, estableciendo fecha, responsables, reuniones de equipos. Antes de realizar las mejoras, estas deben ser aprobadas por la gerencia.

6.5.4. Plantilla para Establecer la Mejora

En esta plantilla se anotan el enunciado del problema, la causa raíz, la mejora implementada, las acciones realizadas y los resultados obtenidos

TABLA N° VI. 40

FORMATO DE PLANTILLA PARA ESTABLECER LA MEJORA

 Establece la Mejora y Solución del Problema				
PROBLEMA	CAUSA RAIZ	MEJORA IMPLEMENTADA	ACCIONES REALIZADAS	RESULTADOS

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.5.5. Plantilla A3 mejorar de la Metodología *Lean Six Sigma*

Su objetivo resumir todas las plantillas que se vieron en la fase mejorar. Esta puede contener una lista de mejoras, plan de acción para la implementación, tabla del antes y después de la mejora y la mejora a controlar

TABLA N° VI. 41
FORMATO DE PLANTILLA A3 MEJORAR

		MEJORAR	
LISTA DE MEJORAS		PLAN DE ACCION PARA IMPLEMENTAR MEJORAS	
TABLA ANTES Y DESPUES - RESULTADOS DE MEJORAS			
MEJORA A CONTROLAR			

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.6. FASE CONTROLAR DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA

En esta fase se facilitarán las plantillas para el uso y la estandarización de las mejoras

6.6.1. Plantilla para Establecer el Estándar de Trabajo

Su objetivo es ayudar a la estandarización del trabajo cada vez se haya implementado la mejora. El relleno de esta plantilla lo realizan los jefes de calidad y producción.

Es recomendable tener una ayuda visual, las herramientas mecánicas a utilizar, ingresar el estándar de actividad, tiempo de operación necesario, ingresar el código del nuevo estándar, etc.

6.6.4. Plantilla A3 Controlar de la Metodología *Lean Six Sigma*

Su objetivo es resumir todas las partes más importantes de la fase Mejorar. En la cual se puede incluir el control del proceso, estandarización del nuevo proceso, plan de control y los beneficios obtenidos

TABLA N° VI. 46

FORMATO DE PLANTILLA DEL A3 CONTROLAR

		CONTROLAR	
		CONTROL - PROCESO	
ESTANDARIZACION NUEVO PROCESO	PLAN DE CONTROL		
BENEFICIOS			

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

6.7. PLANTILLA A3 DE TODA LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA*

Su objetivo es realizar un resumen de todas las etapas más importantes que se resolvieron en cada etapa del proyecto.

La plantilla debe contener un resumen representativo de todas las actividades más importantes que se desarrollaron durante la realización del proyecto *Lean Six Sigma*, además de un reconocimiento a todo equipo que realizó el proyecto.

TABLA N° VI. 47

FORMATO DE PLANTILLA A3 DE TODA LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA*

 		A3 LEAN SIX SIGMA DMAIC			
PROYECTO:		AREA:		PERIODO:	
LECCIONES APRENDIDAS			RECONOCIMIENTO EQUIPO		

Fuente: Adaptada de Inkai Engineering

ANÁLISIS
COSTO BENEFICIO

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis Costo-Beneficio que se realizará en este proyecto estará enfocado a los costos de capacitación para la implementación de la metodología *Lean Six Sigma*, con respecto a los beneficios que se obtendrá al implementarla. También se realizará una estimación de los costos y beneficio que tendría la empresa si implementara la metodología. Además, de hacer notar los beneficios intangibles que podría tener la empresa, tales como; mejorar el clima organizacional, mejora el trabajo de equipo, mejora la toma de decisiones, etc.

Los costos que serán considerados en este estudio serán los costos de capacitación (se enviara a capacitación a tres personas) donde se estudiarán diferentes propuestas de los diferentes centros de capacitaciones que existe en nuestro medio, costo de equipo de oficina y escritorio.

Los beneficios estarán enfocados en la reducción de los defectos, considerando que; si se reduce la cantidad de baldosas defectuosas estas pasarían a ser de primera calidad y tendrían un precio superior con respecto al precio de venta de baldosas de segunda calidad.

La relación beneficio costo, tendría que ser positiva para que la propuesta de implementar la metodología *Lean Six Sigma* se llegue a dar, es decir, tendría que ser mayor a uno. Si la relación beneficio costo es inferior a uno, entonces la propuesta no es viable y por lo tanto no debería de implementarse.

Posteriormente se realizará el punto de equilibrio que es para conocer el porcentaje de baldosas de segunda que tendrían que pasar a ser de primera para que cubra los costos de implementación.

7.1. ANÁLISIS DE COSTOS

A continuación, se analizará los costos necesarios para poder implementar la metodología *Lean Six Sigma*. Entre los más importantes se tiene al costo por

capacitación y los costos de los materiales mobiliarios que se requerirán para la capacitación

7.1.1. Costos por capacitación

Se estudiarán los costos por capacitación donde se analizará los distintos centros de capacitación que existe en nuestro medio y las modalidades de estudio (presencial y en línea).

7.1.1.1. Centro de Capacitación COGNOS y 6SIGMASTUDY

Según COGNOS (2022), Cognos a través de 6SIGMASTUDY que es un centro de información acreditado especializado en la prestación de una educación de calidad, prepara a los participantes para los exámenes de certificación 6sigmastudy.cognos ofrece cursos oficiales de formación en el área de Seis Sigma, que permite a los profesionales de la industria con conocimiento y habilidades, obtener una ventaja competitiva en sus respectivas organizaciones

**TABLA N° VII. 1
PRECIO DE CAPACITACIÓN EN COGNOS**

Cognos Capacitación			
Cursos Oficiales	Duración (Hrs.)	Precio (Bs)	Requisitos
SIX SIGMA YELLOW BELT (SSYB)	30	1500	No hay requisito formal para este curso
SIX SIGMA GREEN BELT (SSGB)	30	3500	Profesionales que deseen aumentar su capacitación para dirigir proyectos de mejora.
SIX SIGMA BLACK BELT (SSBB)	40	3900	Debe estar certificado (a) en Six Sigma Green Belt.
LEAN SIX SIGMA BLACK BELT (LSSBB)	40	3900	Gerentes de negocios, gerentes de proyectos

Fuente: Cognos (2022)

7.1.1.2. Costos de Capacitación IBNORCA

El Instituto Boliviano de Normalización y calidad (IBNORCA), no cuenta con un plan diseñado para dictar este curso, sin embargo, si se diera el caso IBNORCA estaría dispuesto a diseñar la metodología Seis Sigma de manera específica y aplicado al proceso productivo de la empresa.

TABLA N° VII. 2
PRECIOS DE CAPACITACIÓN EN IBNORCA

IBNORCA			
Curso	Duración (hrs.)	Precio (Bs)	Observaciones
SEIS SIGMA	NO DEFINIDO	5500 APROX.	No tiene un curso en específico, tendría que realizar una evaluación a la empresa para luego dar un precio exacto.

Fuente: IBNORCA

7.1.1.3. Capacitación Online MayuGo

MayuGo es una plataforma de cursos para personas que quieran aprender, actualizar información de aprendizaje, etc. Está dirigido a estudiantes y profesionales en áreas de la ingeniería industrial, ingeniería mecánica, ingeniería mecatrónica, etc.

La certificación la realiza la empresa, la cual cuenta con todos los requisitos de ley en USA. Y, las firman el CEO (Perú) y el COO (México). La desventaja de compañía de capacitación es que en el país no se puede validar dichos certificados con el ministerio de educación.

TABLA N° VII. 3
PRECIO DE CAPACITACION EN MAYUGO

MayuGo			
Curso	Duración (Hr)	Precio (US\$)	Observaciones
Lean Six Sigma- Black Belt	200	400	Haber aprobado el curso Green Belt

Fuente: MayuGo (2022)

7.1.1.4. Capacitación Online Solma Soluciones en Manufactura

Solma Soluciones en Manufactura es una empresa que se dedica a capacitar y dar consultoría y ofrece soluciones para formar al personal y así mejorar los procesos.

TABLA N° VII. 4

PRECIO DE CAPACITACIÓN EN SOLMA SOLUCIONES EN MANUFACTURA

Solma Soluciones en Manufactura			
Curso	Duración (Hr)	Precio (MXN)	Observaciones
Lean Six Sigma- Black Belt	56	10000	Haber Aprobado el Curso Green Belt

Fuente: Solma Soluciones en Manufactura (2022)

El criterio para la elección de los centros de capacitación en la metodología *Lean Six Sigma* se realizará con esos cuatro centros de capacitación.

Las capacitaciones que recibirán serán los jefes de áreas de Calidad, producción y mantenimiento en el curso Black Belt *Lean Six Sigma*.

Por cuestiones de cantidad de horas empleadas en capacitación en el curso Black Belt *Lean Six Sigma*, se sugiere a MayuGo. Esta cuenta con 200 horas de capacitación y además el modelo de enseñanza aprendizaje es flexible.

En cuanto a las evaluaciones y control de avance de contenidos, MayuGo cuenta con personal que da seguimiento y evalúa el avance mediante proyectos y evaluaciones que la persona tendrá que realizar para poder obtener el certificado.

7.1.1.5. Costos por Capacitación Externa

Una vez que los jefes conozcan todas las herramientas que este proyecto presenta. Se sugiere que continúen con su capacitación para ampliar el nivel de conocimiento en la metodología *Lean Six Sigma*, específicamente se sugieren que tomen el curso Black Belt, dictado por la empresa MayuGo. En caso de querer ser certificados por una empresa nacional, entonces se sugiere tomar los cursos que brinda Cognos Capacitaciones.

TABLA N° VII. 5
COSTOS POR CAPACITACIÓN

Capacitaciones Externa			
Cargo	Área	Curso	Costo (Bs)
Jefe de calidad	Calidad	Black Belt- <i>Lean Six Sigma</i>	2784
Jefe de Producción	Producción	Black Belt- <i>Lean Six Sigma</i>	2784
Jefe de Mantenimiento	Mantenimiento	Black Belt- <i>Lean Six Sigma</i>	2784
Costo Total en Capacitación Externa			8352

Fuente: Elaboración propia

7.1.2. Costos por Compra de Equipos Electrónicos Computacionales

La planificación para la implementación de la metodología en cuanto a la capacitación del personal se propone capacitación “in House” y control mediante plataformas de recepción de documentos y algunas capacitaciones en sitios de trabajo donde presentan condiciones no adecuadas para equipos de computación convencional.

TABLA N° VII. 6
COSTOS POR COMPRA DE EQUIPOS COMPUTACIONALES

Equipos Electrónicos					
Ítem	Equipos	Descripción	Cantidad de Equipos	Precio Unitario (Bs)	Costo (Bs)
1	Monitor de Grado Industrial	Pantalla táctil full HD de 21.5"; admite sistemas operativos Windows 7/8/10, montaje hasta con brazos VESA, clasificación IP66	1	7203,8	7203,8
2	CPU de Grado Industrial	Procesador Intel i7 8a gen., con ventana de 10 Pro, 16 GB RAM, 4 USB, puerto HD, VEGA, 2x COM RS232	1	3213	3213
3	Soporte para Monitor y CPU Industrial	Soporte de monitor giratorio de movimiento completo con capacidad de carga de 4 a 30 libras	1	700	700
4	Equipo de computación completo	Lenovo todo en uno, procesador A9, disco duro de 1 TB, RAM DDR4 8 GB, Pantalla 22" full HD	3	3619,2	10857,6
Costo total en equipos electrónicos					21974,4

Fuente: Elaboración propia

7.1.3. Costos por Compra de Materiales de Escritorio

Serán muy necesarios los materiales de escritorios y de diversos colores y tamaños es por esas razones que lo más necesario se detallan

TABLA N° VII. 7

COSTOS POR COMPRA DE MATERIAL DE ESCRITORIO

Ítem	Equipos	Descripción	Material de Consumo	Precio Unitario (Bs)	Costo (Bs)
1	Guillotina	Tamaño máximo Hoja A4 papel, goma Eva, cartulina, papel adhesivo	1	170	170
2	Papel tamaño carta (Blanco)	216mm x 279mm, 75 m/m2 (paquete 500 hojas)	3	30	90
3	Papel tamaño carta (Rojo)	216mm x 279mm, 75 m/m2 (paquete)	1	60	60
4	Papel tamaño carta (Amarillo)	216mm x 279mm, 75 m/m2 (paquete)	1	60	60
5	Papel tamaño carta (Verde)	216mm x 279mm, 75 m/m2 (paquete)	1	60	60
6	Archivador de documentos	Marca CONDOR	7	10	70
7	Lápiz	caja de doce docenas	1	50	50
Costo total en materiales de oficinas					560

Fuente: Elaboración propia

7.1.4. Costos por Refrigerios para los Capacitados

La cantidad a ser capacitadas son diecisiete, veinte con los moderadores. Se sugiere dar el refrigerio al ingreso y a la salida de la capacitación.

TABLA N° VII. 8

COSTOS POR REFRIGERIOS

Refrigerios						
Ítem	Alimento	Cantidad por día	Precio	Número de trabajadores	Número de Días	Costo
1	Café	2	1	17	5	170
2	Empanada/Cuñapé	2	2	17	5	340
Costo total en refrigerio (Bs.)						510

Fuente: Elaboración propia

7.1.5. Costo para la implementación de la metodología *Lean Six Sigma*

Los costos para implementar la metodología son los que se detallan a continuación

TABLA N° VII. 9

COSTOS POR IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA *LEAN SIX SIGMA*

Costo total para la implementación de la metodología <i>Lean Six Sigma</i>				
Ítem	Costos	Descripción	Moneda	Costo
1	Capacitación Externa	Capacitación en Black Belt- <i>Lean Six Sigma</i>	Bs	8352
2	Compra de equipos electrónicos	Ayudaran con la capacitación y a controlar variables de estudio	Bs	21974,4
3	Material de escritorio	serán usados durante la implementación	Bs	560
4	Refrigerios	Serán repartidos durante las evaluaciones	Bs	510
Costos de implementación total			Bs	31396,4

Fuente: Elaboración propia

7.2. ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS

Los beneficios cuantificados serán indirectos, ya que la implementación de la metodología se dará por etapas. En la primera etapa (en la que está centrada el proyecto) será de capacitación de usos de las diferentes plantillas que se utilizaran en las cinco fases de la metodología *Lean Six Sigma*.

7.2.1. Análisis de los beneficios tangibles Indirectos

Los beneficios estarán ligado a la cantidad de producto defectuoso que serán reducidos, es decir, los costos que se ahorrara por productos de mala calidad, y por productos que vuelven a reproceso, teniendo en cuenta que las baldosas que son retiradas antes de que entren al horno si se pueden reprocesar, la tabla “Tipos de calidad en el lote de producto rojo natural”, muestra la cantidad de metros cuadrados de baldosas que se produjo durante la producción del lote, perteneciente al producto Rojo Natural y además muestra la cantidad de metros cuadrados de que pertenecen a: primera calidad, segunda calidad y tercera calidad.

TABLA N° VII. 10

PRODUCTIVIDAD POR CALIDADES

Calidad Tipo:	m ²	Porcentaje	Cantidad de Días
1ra. Calidad	37088	96,56%	7 días
2da. Calidad	1176	3,06%	
3ra. Calidad	144	0,37%	
Total	38408	100%	

Fuente: Cerámica Rafaela S.R.L.

Aunque solo se tomó la producción de un lote de producto como referencia, lo cierto es que esos porcentajes son muy representativos con la producción histórica que se tiene en la empresa.

Considerando los promedios históricos de la producción anterior se calcula la cantidad de defecto de segunda calidad y además se calcula la diferencia de precios que existen de primera calidad y de segunda calidad.

TABLA N° VII. 11

CUANTIFICACIÓN DE LA DIFERENCIA DE PRECIO POR m² AL AÑO

Precio m ² en (Bs)			m ² de 2° Calidad		
1° Calidad	2° Calidad	Diferencia	7 días	1 mes	Año
35	23,5	11,5	1176	4704	56448

Fuente: Elaboración propia

La planificación que se tiene al implementar la metodología *Lean Six Sigma* en un lapso de tiempo de seis meses, no se espera que haya mejoras usando este programa de mejora, sino en los meses posteriores y según el o los proyectos que se realicen. Por esa razón solo se toma un porcentaje del 5% para apalancar el costo de implementación.

El 5% del total de las baldosas de segunda calidad y solo con las baldosas defectuosas que llegan a clasificación, sin contar las que llegan a reproceso.

TABLA N° VII. 12

BENEFICIOS ESPERADOS AL REDUCIR EL 5% DE DEFECTOS

Diferencia Precio	m ²	Reducción de Defectos	Ahorros
(Bs)	Año	5%	(Bs)
11,5	56448	2822,4	32457,6

Fuente: Elaboración propia.

7.3. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

La relación beneficio/costo es la que servirá para poder evaluar si la propuesta es válida financieramente.

La relación beneficio/costo está dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{BENEFICIOS}{COSTOS}$$

Para este caso tendríamos:

$$\frac{B}{C} = \frac{32457,6}{31396,4} = 1,033$$

Significa que por cada boliviano invertido se tendrá 0,033 bolivianos de ganancias durante el primer año.

7.4. ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS INTANGIBLES

Es difícil cuantificar de manera precisa los beneficios intangibles que tendría la empresa al implementar un curso de capacitación sobre la metodología *Lean Six Sigma* y posterior aplicación de la misma. Los beneficios intangibles serían:

- Incremento de satisfacción en el trabajo
- Incremento del compromiso con las metas
- Mejora el clima organizacional

- Reducción quejas/reclamos de empleados
- Reducción del stress
- Reducción del ausentismo
- Mas innovación
- Incremento de satisfacción del cliente
- Mejora la imagen en la comunidad
- Reducción en reclamos de clientes
- Mejora trabajo en equipo
- Reduce los conflictos

7.5. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO

Los costos necesarios para la implementación de la metodología *Lean Six Sigma* se detallaron en las tablas anteriores, siendo estos inferiores a los beneficios esperados durante un año después de haber sido capacitado el personal en esta estrategia de mejora.

Los beneficios esperados son de manera indirecta. Debido a que *Lean Six Sigma* trabaja proyecto por proyecto. Al aplicar la metodología se espera que al menos el cinco por ciento de las baldosas que son clasificadas como segunda calidad pasen a ser de primera calidad.

Si se cumple esas condiciones y conociendo el historial de producción, se espera que en un año se logre pagar la inversión realizada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones se detallan a continuación

8.1. CONCLUSIONES

La empresa Cerámica Rafaela tiene un proceso de producción estandarizado lo que la hace ideal para la implementación de la metodología *Lean Six Sigma*.

Actualmente la empresa tiene mucha competencia nacional e internacional, implementar un programa de mejora continua en su proceso productivo hará que esta sea más competitiva frente a sus competidores.

La capacidad de sus procesos (actividades) utilizando las escalas Seis Sigma está entre los niveles dos y tres, lo que significa que se necesita realizar un análisis profundo para alcanzar el nivel de calidad deseado. En cuanto a la capacidad de proceso en producto terminado en variables cuantitativas continua, tiene un nivel de entres dos a tres, lo que significa que cumplen con las especificaciones pero que necesitan realizar cambios para minimizar la cantidad de baldosas defectuosas. En cuanto a la capacidad de proceso en producto terminado en variables cuantitativas discretas y viendo el histórico de la producción cuenta con el tres por ciento de productos que se encuentra en segunda calidad, sin contar el producto en proceso que vuelve para ser reprocesado.

Se planifica la implementación de la metodología a través de un cuadro de mando integral considerando las cuatro perspectivas financieras, clientes, proceso y aprendizaje. Aunque el presente proyecto se enfocará mucho más en la perspectiva del aprendizaje.

Para facilitar el aprendizaje en cuanto a la Metodología *Lean Six Sigma* se crearán, adaptaran y tomaran diferentes formatos de plantillas según la naturaleza del problema que se desee solucionar. Podrá haber problemas relacionados con la eficiencia, para lo cual se utilizarán plantillas Lean. también el problema puede ser

relacionado con la eficacia del proceso, para lo cual se utilizarán plantillas Seis Sigmas, ya sean de tipo continuo o de tipo discreto (naturaleza de la variable) en todas las fases que tiene la metodología *Lean Six Sigma*

Los costos necesarios para la implementación de la metodología solo se tomaron en cuenta los más necesarios (equipos, materiales de escritorio, capacitaciones externas y refrigerios) o con los que no cuenta la empresa.

Los beneficios esperados se calcularon en base a los productos las baldosas de segunda calidad, es decir, la cantidad de baldosas de segunda calidad que pasarían a ser de primera calidad al implementar la metodología *Lean Six Sigma*.

La relación Beneficio/Costo, considerando que el cinco por ciento de los defectos de segunda calidad pasen a ser de primera calidad durante el periodo de tiempo de un año, sea de 1,033 bolivianos.

8.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar este proyecto de grado en la empresa Cerámica Rafaela S.R.L. mediante la implementación de la metodología *Lean Six Sigma*, esto permitirá a la empresa incrementar la satisfacción de los clientes, reducción de costos al disminuir retrabajos y desperdicios, disminuir las no conformidades, monitoreos de actividades de manera periódica y una mejor imagen de la empresa dando lugar a un mejor posicionamiento de la marca en el mercado.

Se recomienda la creación de material audiovisual para la explicación de todos los formatos de plantillas que se proponen en el proyecto de grado, con la finalidad de facilitar el aprendizaje de las herramientas de gestión.

Se recomienda realizar un estudio sobre los costos por reprocesamiento de baldosas crudas que son sacadas de línea de producción.

Se recomienda realizar un estudio sobre los costos por baldosas fuera de especificación y calcular hasta donde es saludable mejorar el índice de capacidad de dicha variable.

BIBLIOGRAFÍA

- Advanced Integrated Technologies Group. (2005). *Entrenamiento Green Belt Seis Sigma Esbelto-SIPOC*.
- Andalucía Emprende. (2013). Plan estratégico-Cuadro de Mando Integral. Andalucía, España.
- Besterfield, D. (2009). *Control de calidad*. México: Pearson Educación.
- Calle, P. A. (2011). *Defectos en la cerámica plana*. Cuenca, Ecuador.
- Candelo, C., Ortiz, G., & Unger, B. (2003). *Hacer talleres una guía práctica para capacitadores*. Cali, Colombia.
- Cevallos, M. J. (2010). *Optimización del proceso de prensado, líneas de esmaltación y producto terminado monoquema del formato 31X31 en la planta de azulejos de la C.A ecuatoriana de cerámica*. Riomaba, Ecuador.
- DECAP. (2018). *Manual de capacitación*. Guatemala.
- Echeverz, L., & Melograno, M. (2017). *Inspección visual automática en baldosas con texturas aleatorias*. Buenos Aires, Argentina.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. México: McGraw-Hill.
- Hernández Matías, J. C., & Vazán Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España.
- Inkai Engineering. (2022). *Manual Lean Six Sigma DMAIC*. Ciudad de México, México.
- Martínez Bencardino, C. (2019). *Estadística básica aplicada*. Bogotá, Ecoediciones, Colombia.

Navarro, J. (2011). *DISEÑO DE UN PROCESO PARA MEDIR EL IMPACTO DE LA CAPACITACION*. Calí, Colombia.

Nueva Economía. (15 de Septiembre de 2021). Las Mejores Industrias en Cerámicas. *Nueva Economía*, 20.

Phillips, J., & Stone, R. (2002). *How to measure training results*. New York: McGraw-Hill.

WEBLOGRAFÍA

Cerabol. (28 de 03 de 2022). *Empresa familiar crece con Bolivia*. <https://www.cerabol.com/>

Cognos. (2 de Enero de 2020). *Cognos, cursos y certificaciones.*: <https://cognos.com.bo/sixsigma/>

MayuGo. (1 de Febrero de 2020). *Certifícate en los cursos de mayor demanda en la industria*. <https://www.mayugo.net/>

Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. (31 de Mayo de 2021). *Gobierno aprueba norma que protege e incentiva la producción nacional de cerámica y envases de vidrio*. <https://produccion.gob.bo/?p=13262>

Solma. (Febrero de 2021). *Certificaciones inhouse*. <https://solmasoluciones.com/certificaciones-inhouse/>

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1

Defectos cualitativos durante el proceso



CONTAMINACIÓN DE ACEITE



RASPADO



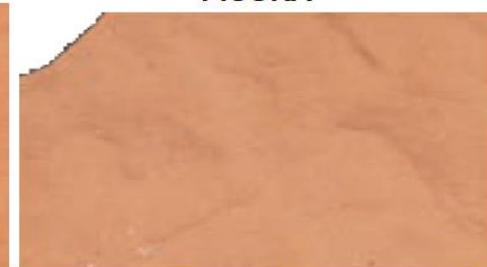
CONTAMINACIÓN DE ARCILLA



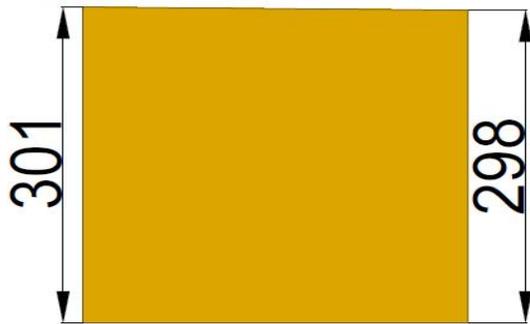
FISURA



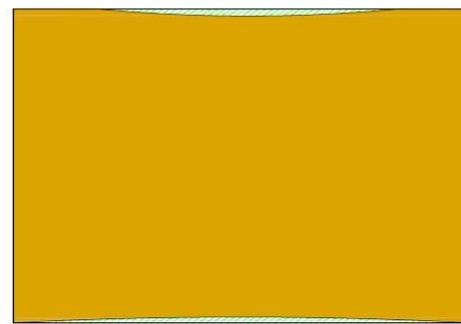
CONTAMINACIÓN DE HORNO



DESPUNTADO



DESCUADRE



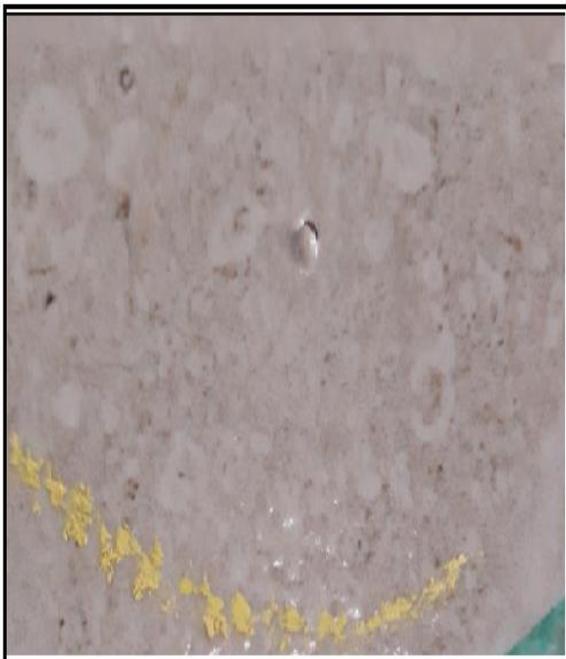
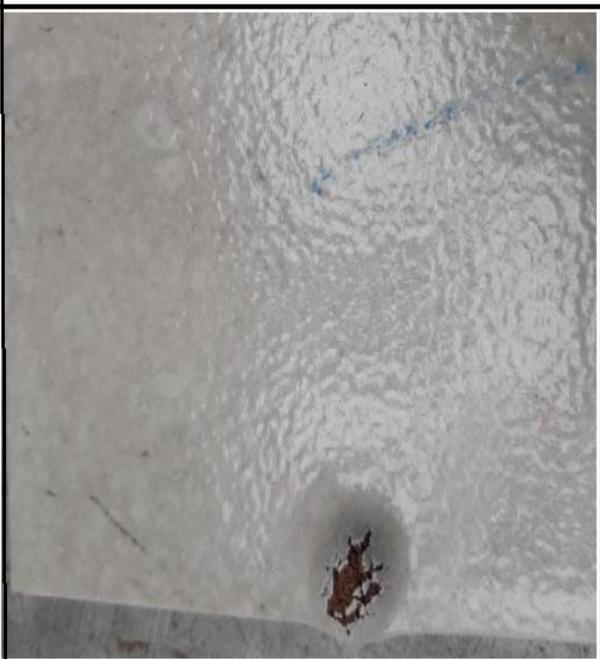
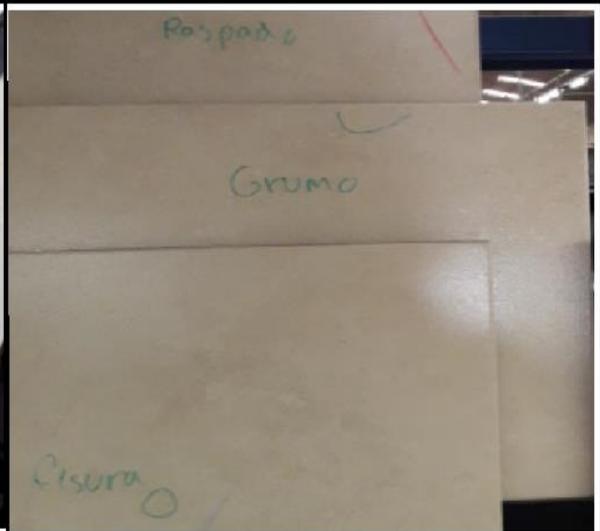
LUNETTA



ACUÑAMIENTO

Anexo 2

Clasificación de los Defectos en el Producto Terminado

	
<p>Baldosas de 2° Calidad</p>	<p>Baldosas para Cascote</p>
	
<p>Baldosas Marcadas para 2° Calidad</p>	<p>Estante de Defectos por Hora</p>

Anexo 3

CUADERNO DE ANÁLISIS DE LA BARBOTINA EN VASCA 3

CERÁMICA RAFAELA S.R.L. LABORATORIO					
ANÁLISIS VASCA 3					
FECHA	HORA	DENSIDAD	VISCOSIDAD	RESIDUO # 230	RESIDUO #325
23/3/2022	00:15	170,1	2,3	2,4	8,4
25/3/2022	08:02	171,7	2,18	2,6	8,1
27/3/2022	01:00	170,9	2,05	2,3	8,4
28/3/2022	16:02	171	1,97	2	8,7
29/3/2022	00:21	171,2	2,06	2,2	8,6
3/4/2022	17:15	171,3	2,32	2,4	7,4
3/4/2022	00:02	171,6	2,2	2,2	7,3
4/4/2022	08:15	171,3	2,19	2,1	8,1
5/4/2022	00:02	172	2,23	2,6	8,4
7/4/2022	08:04	171,6	2,24	2,1	8,4
7/4/2022	00:02	172	2,18	2,2	8,2
8/4/2022	08:15	171,6	2,18	2,1	8
12/4/2022	08:02	171,4	2,1	2,5	8,3
12/4/2022	16:15	170,6	2,29	2,6	7,2
14/4/2022	02:15	170,5	2,04	2,7	8,4
14/4/2022	08:03	171,2	2,13	2,5	8,1
17/4/2022	00:15	170,6	2,47	2,3	8,1
18/4/2022	16:02	171,4	2,26	2,6	8
25/4/2022	00:02	171,9	2,18	2,3	8,2
26/4/2022	16:02	171,1	2,27	2	7,1
27/4/2022	08:02	172	2,18	2,2	7,9
3/5/2022	17:18	171	2,27	2,2	7,3
4/5/2022	08:02	171,5	2,06	2,1	7,8
6/5/2022	11:03	171,8	2,14	2,2	7,6
8/5/2022	00:04	170,8	2,01	2,2	7,6
12/5/2022	16:02	170,5	2,07	2,1	7,2
13/5/2022	08:02	171,3	2,13	2,1	7,6
15/5/2022	17:02	171	2,18	2,2	7,8
18/5/2022	16:02	171,4	2,14	2,3	7,5

Fuente: Documentos Internos De Cerámica Rafaela S.R.L.

Anexos 4

Cuaderno de Análisis de la Granulometría

FECHA	TURNO	MUESTRA	SILO	HUMEDAD	MALLA EN μm						
					600	425	300	250	180	125	< 125
23/3/2022	1	F-71-2	3	7,02	10,8	33,9	31,2	9,6	7,9	4,9	1,8
23/3/2022	2	F-71-2	6	6,73	9,7	33,1	31	9,4	8,4	5,4	2,2
23/3/2022	3	F-71-2	7	6,58	7,8	31,6	31,7	9,6	9,5	6,3	2,7
24/3/2022	3	F-72-2	8	7,45	10,7	30,8	30,6	9,6	9	6,3	2,5
25/3/2022	1	F-72-2	1	6,82	9,7	31,3	32,4	9,8	8,5	5,3	2,9
27/3/2022	3	F-72-2	2	7,21	9,7	30,6	32,2	10,1	8,9	6	2,5
28/3/2022	1	F-72-2	4	6,87	8,8	31,15	33	10,3	8,4	5,5	2,3
28/3/2022	2	F-72-2	5	7,11	9,8	31,6	33	9,4	8,5	5,5	2,2
29/3/2022	3	F-72-2	6	7,32	11	33,5	30,4	9,2	8,6	5,2	2
30/3/2022	1	F-72-2	8	6,79	11,3	32	30,5	9,8	8,4	5,7	3,1
3/4/2022	3	F-72-2	2	7,18	10,3	28,9	33,1	9,9	9,3	5,9	2,1
4/4/2022	1	F-72-2	3	6,92	8,7	28,8	32,6	10,7	9,6	6,5	2,9
5/4/2022	3	F-72-2	5	7,36	12,8	38	29,5	7,4	6,8	4,2	1,5
8/4/2022	1	F-72-2	8	6,76	8,5	30,2	31,8	10,5	10,2	6,7	2,5
11/4/2022	3	F-75-2	1	6,76	8,3	27,5	34,4	12,1	10	5,9	2,7
12/4/2022	2	F-75-2	1	6,78	7,4	29,5	32,9	10,2	9,7	7,1	3,1
15/4/2022	3	F-75-2	7	7,22	11,7	35,9	30,4	8,4	7,2	4,5	1,9
18/4/2022	1	F-75-2	2	7,15	10,2	31,5	31,9	10,3	8,7	5,4	2
25/4/2022	2	F-73-3	4	7,02	9,5	31,5	31,3	10,4	8,9	5,6	2,3
25/4/2022	3	F-73-3	5	6,94	12,7	34,2	30,7	8,6	7,3	4,4	1,8
8/5/2022	2	F-73-3	1	7,51	11,3	34,5	29,8	7,7	8	5,7	2
11/5/2022	3	F-63-2	4	7,67	12,9	37,2	28,9	8,5	6,5	4,2	1,8
15/5/2022	3	F-73-3	1	7,23	11,2	29,9	29,5	10,1	9,5	6,8	2,8
18/5/2022	3	F-73-3	4	6,93	11,5	34,4	29,5	8,5	7,9	5,7	2,6

Fuente: Documentos Internos De Cerámica Rafaela S.R.L.

Anexo 5

Especificaciones técnicas del producto



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SEGÚN NB-ISO 13006

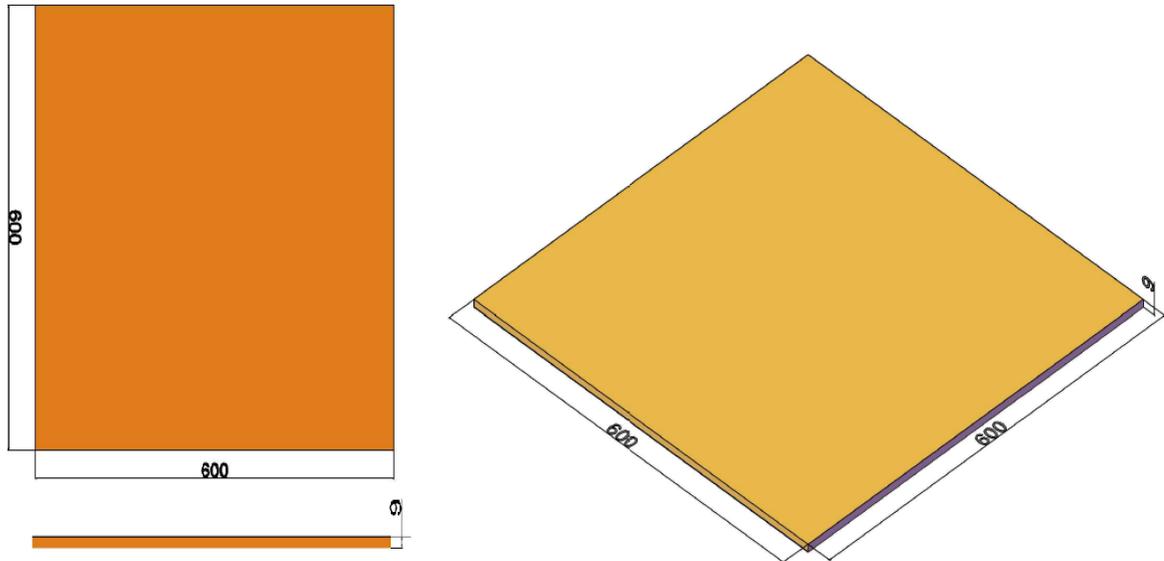
PISO ESMALTADO					
Formato	30x30	43x43	30x43	30x60	60x60
Grupo de la Norma Anexo				Grupo BII, Anexo J ^a	
Tolerancia dimensional	±0.35%	±0.25%	±0.25%	±0.20%	±0.20%
Espesor	7.5 mm	8.1 mm	8 mm	8.5 mm	9.1 mm
Absorción de agua	<4.5%				
Fuerza de rotura	>1100 N	>1250 N	>1250 N	>1350 N	>1350 N
Módulos de ruptura	≥30 N/mm ²	≥28 N/mm ²	≥28 N/mm ²	≥30 N/mm ²	≥30 N/mm ²
Resistencia al Cuarteo	Resiste				
Resistencia a la Helada	No resiste				
Resistencia a las manchas	Clase 5				
Resistencia química	GA/GLA/GHA				
Rendimiento por caja	2 m ²	2 m ²	2 m ²	2 m ²	1.8 m ²
Piezas por caja	22	11	15	11	5
Peso por caja	32 Kg	37 Kg	33	35.5 Kg	35.5 Kg

REVESTIMIENTO ESMALTADO		
Formato	30x43	30x60
Grupo de la Norma Anexo	Grupo BII _b , Anexo K ^b	
Tolerancia dimensional	±0.25%	±0.20%
Espesor	7.2 mm	8.5 mm
Absorción de agua	<7%	
Fuerza de rotura	>750 N	>1200 N
Módulos de ruptura	≥22 N/mm ²	≥26 N/mm ²
Resistencia al Cuarteo	Resiste	
Resistencia a la Helada	No resiste	
Resistencia a las manchas	Clase 5	
Resistencia química	GA/GLA/GHA	
Rendimiento por caja	2 m ²	2 m ²
Piezas por caja	15	11
Peso por caja	29 Kg	35.5 Kg

CERÁMICA ROJA		
Formato	30x30	43x43
Grupo de la Norma Anexo	Grupo BII _a , Anexo J ^a	
Tolerancia dimensional	±0.35%	±0.25%
Espesor	7.3 mm	7.9 mm
Absorción de agua	<4.5%	
Fuerza de rotura	>1000 N	>1200 N
Módulos de ruptura	≥28 N/mm ²	≥25 N/mm ²
Resistencia a la Helada	No resiste	
Resistencia a las manchas	Clase 5	
Resistencia química	UA/ULA/UHA	
Rendimiento por caja	2 m ²	2 m ²
Piezas por caja	22	11
Peso por caja	31 Kg	35.5 Kg

Anexo 6

Dimensiones y Espesor de Una Baldosa 60X60



ESPESORES EN MM. DE PAVIMENTO (PRODUCTO TERMINADO)							
8,9	9,0	8,9	8,8	8,7	8,9	8,8	9,0
8,8	8,8	8,8	8,8	8,7	8,7	8,7	8,9
8,8	8,9	8,9	9,0	8,8	8,8	8,8	8,9
8,8	8,8	8,8	8,7	8,7	8,9	8,9	8,8
8,7	8,8	8,7	8,7	8,8	8,7	8,8	8,8
8,8	8,9	8,8	8,9	9,0	8,9	9,0	9,0
8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,9	8,9	9,0
8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,9	8,9	9,0
8,9	9,0	8,9	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,7	8,9
CONTROL DE DIMENSIONES							
LADO A	LADO B	LADO C	LADO D				
598,8	598,6	598,9	598,7				
599	598,7	599,1	598,9				
599,0	598,5	599	598,8				
598,9	598,8	599	598,8				
598,8	599	598,9	598,9				
598,9	598,9	598,8	598,9				
599,0	598,9	598,9	599				
598,9	598,9	598,8	598,9				
598,9	598,9	598,9	599				

Anexo 7

Modelo de Certificado Otorgado por MayuGo

