

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA  
FABRICACIÓN DE LADRILLOS CERÁMICOS 6 HUECOS EN LA FÁBRICA  
CERÁMICA NARVAEZ S.R.L.**

**Por:**

**CRISTIAN ROGER FLORES MANCILLA**

**Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de  
Licenciatura en Ingeniería Industrial.**

**Abril del 2024**

**TARIJA-BOLIVIA**

V°B°

---

M.sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez  
DECANO FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA

---

Lic. Gustavo Succi Aguirre  
VICEDECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

---

Ing. Ernesto Caihuara Alejandro  
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE  
PROCESOS INDUSTRIALES,  
BIOTECNOLÓGICOS  
Y AMBIENTALES

**APROBADO POR:  
TRIBUNAL:**

---

Ing. Juan Carlos Vega Knez

---

Ing. Hugo Franco Sanchez

---

Ing. Paola López Trujillo

El tribunal calificador del presente trabajo no se solidariza con la forma, término, modos y expresiones vertidas en el mismo siendo estas responsabilidades del autor.

**Dedicatoria**

Dedico este proyecto primeramente a Dios, quien me ha dado la fuerza necesaria para superar los obstáculos y dificultades que se presentaron en el camino hacia este momento crucial de mi vida profesional.

Asimismo, dedico este proyecto de grado con profundo cariño a mis padres, Leonardo Aquino y Delia Mancilla, así como a mis hermanos y toda mi familia. Su incansable esfuerzo, apoyo constante y ánimo incondicional han sido fundamentales para mi avance y el logro de mis objetivos.

A ti, querida madre, te dedico especialmente este logro. Tu amor y dedicación han sido mi roca inquebrantable, y este éxito no es solo mío, sino nuestro. Agradezco sinceramente por ser la luz que ha iluminado mi camino y mi constante fuente de motivación.

**Agradecimiento**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi madre por todo el apoyo incondicional que me has brindado a lo largo de estos años. Tu esfuerzo incansable y tu constante apoyo han sido la fuerza impulsora que me ha llevado a alcanzar este logro.

Eres la única persona que ha estado a mi lado desde el principio, brindándome ánimo, consuelo y sabiduría cuando más lo necesitaba. Tu dedicación y sacrificio son el verdadero motor detrás de mi éxito, y no puedo agradecerte lo suficiente por ser mi fuente inagotable de inspiración.

Esta tesis no solo representa mi trabajo académico, sino también la manifestación de nuestra colaboración y amor. Gracias por creer en mí cuando dudaba, por alentarme cuando tropecé y por celebrar conmigo cada pequeño triunfo en el camino.

## Resumen

Se llevó a cabo este proyecto con el objetivo de analizar el proceso productivo de los ladrillos cerámicos de seis huecos en la fábrica Cerámica Narváez SRL, con la principal meta de minimizar la producción de productos no conformes durante todo el proceso de fabricación. La metodología empleada fue de carácter descriptivo y explicativo, centrándose en observar y comprender el proceso sin intervenir directamente en él. A través de este análisis, se buscó identificar y examinar las variables que influyen en cada etapa del proceso. Una vez identificadas las variables de vital importancia, se procedió a determinar los parámetros adecuados, utilizando como guía la Normativa Boliviana NB 1211001. Además, se realizó un análisis de los datos recopilados durante la fase de estudio del proyecto.

En cuanto al análisis de datos, se registró el porcentaje de humedad y se estudió cómo afecta a las presiones de la máquina extrusora, así como su relación con la humedad y el porcentaje de contracción. Se examinaron los registros de humedad de la mezcla en relación con las variables de presión, considerando el intervalo en el que actualmente opera la empresa. Las dimensiones y pesos del ladrillo en diferentes etapas (extruido, seco y cocido) se analizaron utilizando cartas de control para verificar si están dentro de los límites establecidos.

Se concluyó que es fundamental mantener un control adecuado de la humedad en la materia prima y de sus características. Asegurar la humedad correcta permitirá establecer los parámetros de operación. Si variables como la humedad, las temperaturas de secado y cocción no se controlan adecuadamente, existe el riesgo de obtener productos no conformes durante las distintas etapas del proceso de producción.

En relación con la propuesta del sistema de control de calidad, se realizó un diagrama de flujo que identifica los puntos de control e inspección. Se identificaron puntos de control en el lay out de la empresa, y se desarrollaron manuales de funciones y procedimientos para estos puntos de control. Además, se incluyó un presupuesto para la implementación de la propuesta.

## ÍNDICE

	Páginas
Advertencia.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen.....	iv

### **CAPÍTULO. 1** **INTRODUCCIÓN**

1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes. ....	1
1.2 Antecedentes sobre el tema. ....	1
1.3 Antecedentes de la empresa. ....	3
1.4 Planteamiento del problema. ....	3
1.4.1 Árbol de problemas. ....	5
1.4.2 Árbol de soluciones. ....	6
1.4.3 Formulación del problema. ....	7
1.5 Objetivos. ....	7
1.5.1 Objetivo general. ....	7
1.5.2 Objetivos específicos. ....	7
1.6 Justificación. ....	8
1.6.1 justificación técnico ....	8
1.6.2 Justificación social. ....	8
1.6.3 Justificación económica. ....	8
1.6.4 justificación personal. ....	8
1.7 Identificación de la empresa. ....	9
1.7.1 Estructura organizacional. ....	9
1.7.1.1 Datos comerciales. ....	9
1.7.1.2 Estructura organizacional. ....	10
1.7.1.3 Descripción de la materia prima e insumos utilizados. ....	11
1.7.1.4 Descripción de maquinaria, equipos y herramientas utilizadas. ....	12

1.7.1.5 Desperdicios y desechos generados en el proceso. ....	13
1.7.2 Proceso productivo.....	14
1.7.2.1 Diagrama de flujo.....	14
1.7.2.2 Descripción detallada del proceso productivo. ....	15
1.7.3.Layout. ....	17

## CAPÍTULO. 2

### MARCO TEÓRICO

2 MARCO TEÓRICO. ....	19
2.1 El ladrillo. ....	19
2.2 Características del ladrillo. ....	19
2.2.1 Color. ....	19
2.2.2 Textura. ....	20
2.2.3 Características geométricas. ....	20
2.2.3.1 Fisuras. ....	21
2.2.4 Resistencia a la compresión. ....	21
2.2.5 Absorción de agua. ....	22
2.3 Variables que intervienen en el proceso productivo. ....	22
2.3.1 Materia prima.....	22
2.3.1.1 Arcilla. ....	22
2.3.1.2 Composición de la arcilla. ....	22
2.3.1.3 Plasticidad. ....	23
2.3.1.4 Contracción. ....	23
2.3.1.5 Preparación de la mezcla. ....	23
2.3.2 Los laminadores. ....	24
2.3.3 Extrusión. ....	25
2.3.3.1 Transporte de sólidos en la tolva. ....	25
2.3.3.2 Transporte de sólidos en el cilindro. ....	26
2.3.3.3 Factores dependientes en la extrusión. ....	26
2.3.4 El moldeo. ....	27
2.3.4.1 Relación de velocidad de extrusión y moldeo. ....	28
2.3.5 Secado. ....	29
2.3.5.1 Tipos de secado. ....	30



2.3.5.1.1 Secado natural. ....	30
2.3.5.1.2 Secado artificial. ....	30
2.3.5.1.3 Cinética del secado. ....	30
2.3.5.2 Generalidades de las curvas de secado. ....	30
2.3.5.2.1 Curva de secado. ....	30
2.3.5.3 Tiempo de secado.....	31
2.3.5.4 Velocidad máxima de secado. ....	32
2.3.6 Ciclo de cocción. ....	33
2.3.6.1 Calentamiento. ....	33
2.3.6.2 Cocción. ....	33
2.3.6.3 Enfriamiento. ....	34
2.3.6.4 Grietas de precalentamiento. ....	34
2.3.6.5 Condensación de humedad. ....	34
2.3.6.6 Grietas de enfriamiento. ....	35
2.4 Definiciones.....	35
2.4.1 Absorción de agua. ....	35
2.4.2 Caliche. ....	35
2.4.3 Dimensión nominal. ....	35
2.4.4 Dimensión real. ....	35
2.4.5 Eflorescencia. ....	35
2.4.6 Exfoliación. ....	35
2.4.7 Heladicidad. ....	36
2.4.8 Ladrillo cerámico grueso.....	36
2.4.9 Peso nominal. ....	36
2.5 Terminología. ....	36
2.5.1 Ladrillo defectuoso. ....	36
2.5.2 Lote. ....	36
2.6 Muestra. ....	36
2.6.1 Muestreo no probabilístico. ....	36
2.6.1.1 Muestreo por conveniencia. ....	37
2.6.2 Métodos de control estadístico de procesos. ....	37
2.6.2.1.1 Gráficos de control para variables. ....	37

2.6.3 Número de aceptación. ....	38
2.6.4 Número de rechazo. ....	38
2.6.5 Partida. ....	38
2.6.6 Plan de muestreo simple.....	38
2.6.7 Plan de muestreo doble. ....	38
2.6.8 Unidad de muestreo. ....	38
2.7 Desarrollo del sistema de control de calidad. ....	39
2.7.1 Fundamentos del sistema de calidad. ....	39
2.7.2 Diagrama de Pareto. ....	39
2.8 Objetivo general del sistema de control de calidad. ....	39
2.9 Estructura del Sistema de Calidad. ....	39
2.9.1 Política de Calidad. ....	39
2.10 Control de calidad. ....	39
2.10.1 Importancia del control de calidad. ....	40
2.10.1.1 Durabilidad. ....	40
2.10.2 Resistencia a la compresión. ....	40
2.10.2.1 Satisfacción del cliente. ....	40
2.10.3 Parámetros de control de calidad. ....	40
2.10.3.1 Propiedades Físicas. ....	40
2.10.4 Proceso de inspección y evaluación.....	41
2.10.4.1 Materia prima.....	41
2.10.4.2 Proceso de fabricación.....	41
2.10.4.3 Herramientas y métodos de control de calidad .....	41
2.10.5 Normativas y estándares en el control de calidad de ladrillos. ....	42
2.10.6 Determinación de los parámetros y requisitos. ....	42
2.11 Normativas y certificaciones. ....	43
2.11.1 ISO 9001 - Sistemas de gestión de calidad. ....	43
2.11.2 Normas específicas para la industria. ....	43
2.11.3 Normativas nacionales y locales. ....	43
2.12 Procesos documentados para producción, inspección y control de calidad. ....	43
2.12.1 Documentación como herramienta de gestión. ....	43
2.12.2 Procedimientos operativos estándar (POE). ....	43

2.12.3 Puntos de control. ....	44
2.13 Desarrollo del plan de inspección. ....	44

### CAPÍTULO. 3

#### DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA EMPRESA.

3 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA EMPRESA. –.....	46
3.1 Tipo de investigación. ....	48
3.2 Desarrollo del análisis. ....	48
3.2.1 Preparación de la mezcla. ....	48
3.2.2 Etapa de amasado. ....	48
3.2.3 Etapa de extrusión y moldeo. ....	48
3.2.4 Dimensiones y pesos del ladrillo. ....	49
3.2.5 Etapa de secado. ....	50
3.3 Análisis de las etapas del proceso. ....	50
3.3.1 Recepción de la arcilla y arena. ....	50
3.3.2 Humedad en la mezcla. ....	50
3.3.2.1 Diagnóstico de la humedad. ....	52
3.3.2.2 Análisis del porcentaje de contracción húmedo a seco. ....	52
3.3.3 Presión de moldeado. ....	54
3.3.3.1 Análisis de la presión de moldeo. ....	55
3.3.4 Dimensiones y pesos ladrillo extruido. ....	56
3.3.4.1 Análisis de dimensiones. ....	57
3.3.4.1.1 Peso. ....	57
3.3.4.1.2 Alto. ....	58
3.3.4.1.3 Ancho. ....	58
3.3.4.1.4 Largo. ....	59
3.3.4.2 Secado. ....	59
3.3.4.2.1 Análisis del secado. ....	59
3.3.4.2.2 Productos no conformes actuales después del secado. ....	61
3.3.4.2.3 Análisis de la variación porcentual de los no conformes. ....	63
3.3.5 Dimensiones y pesos ladrillo seco. ....	64

3.3.6 Parámetros dimensiones y pesos ladrillo cocido. ....	65
3.3.6.1 Peso. ....	65
3.3.6.2 Alto. ....	66
3.3.6.3 Ancho. ....	67
3.3.6.4 Largo. ....	67
3.3.7 No conformes después del horneado. ....	68
3.3.8 Parámetros de resistencia mecánica del ladrillo cerámico 6 hueco. ....	70
3.3.9 Absorción de humedad. ....	71
3.4 Conclusión del capítulo. ....	72

## CAPÍTULO. 4

### DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.

4 DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD. ....	75
4.1 Fundamentos del sistema de calidad. ....	75
4.1.1 Diagrama de Pareto. ....	75
4.2 Objetivo general del sistema de control de calidad. ....	77
4.3 Estructura del sistema de calidad. ....	77
4.3.1 Política de calidad. ....	77
4.3.2 Determinación de los parámetros y requisitos. ....	78
4.4 Normativas y certificaciones aplicables de calidad relevantes para la industria cerámica. ....	80
4.5 Procesos documentados para producción, inspección y control de calidad. ....	80
4.5.1 Proceso productivo. ....	80
4.5.1.1 Materia prima. ....	80
4.5.1.1.1 Recepción de la materia prima. ....	80
4.5.1.2 Porcentaje de humedad. ....	81
4.5.1.3 Moldeado. ....	81
4.5.1.4 Dimensiones. ....	82
4.5.1.5 Secado. ....	82
4.5.1.6 Cocido. ....	82
4.5.2 Diagrama de flujo propuesto. ....	83
4.5.3 Puntos de control. ....	86
4.5.3.1 Análisis de recepción de la materia prima. ....	86

4.5.3.2	Análisis del control de nivel de humedad. ....	86
4.5.3.3	Análisis de control del moldeo de la mezcla.....	87
4.5.3.4	Punto de control de dimensiones y peso del ladrillo húmedo. ....	88
4.5.3.5	Control de defectuosos tras la etapa de moldeo. ....	88
4.5.3.6	Punto de control de calidad en secaderos. ....	89
4.5.3.7	Control de dimensiones y peso del ladrillo seco. ....	89
4.5.3.8	Control del número de no conformes tras la etapa de secado. ....	89
4.5.3.9	Control de cocido en el proceso de fabricación de ladrillos. ....	90
4.5.10	Resistencia del producto terminado. ....	90
4.5.11	Control de porcentaje de no conformes del producto. ....	91
4.5.12	Absorción de agua. ....	91
4.5.4.	Puntos de control lay out.....	92
4.6	Desarrollo del plan de inspección. ....	93
4.6.1	Muestreo. ....	93
4.6.1.1	Tamaño del muestreo por lote. ....	93
4.6.1.2	Criterios de aceptación o rechazo de los lotes de inspección. ....	93
4.7	Asignación de responsables, cronogramas y rutina de control de calidad. ....	95
4.7.1	Asignación de responsables. ....	95
4.7.1.1	Matriz RACI. ....	95
4.7.1.2	Cronogramas de control de calidad. ....	96
4.7.1.3	Rutina de control de calidad. ....	97
4.8	Inversión. ....	99
4.9	Indicador financiero del Retorno de la Inversión (ROI). ....	100
4.9.1	Cálculo del ROI. ....	103

## CAPÍTULO. 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	105
5.1	Conclusiones. ....	105
5.2	Recomendaciones. ....	106
	Bibliografía.	

## ÍNDICE DE CUADROS Y/O TABLAS

Tabla I-1 Productos de la empresa .....	10
Tabla I-2. Maquinaria y equipo .....	12
Tabla II-1 Características geométricas .....	20
Tabla II-2 Fisuras .....	21
Tabla II-3 Características geométricas .....	21
Tabla II-4 Contracción .....	23
Tabla II-5 Normas bolivianas .....	42
Tabla III-1 Porcentaje de humedad en función de la presión operativa del extrusor .....	51
Tabla III-2 Diferencia porcentual de contracción de húmedo a seco.....	52
Tabla III-3 El porcentaje de contracción muestra.....	53
Tabla III-4 porcentaje de humedad en relación a la presión de extrusión..	54
Tabla III-5 Parámetros del ladrillo extruido 6 huecos.....	56
Tabla III-6 Horas totales empleadas para el secado del ladrillo .....	60
Tabla III-7 No conformes en la producción actual .....	61
Tabla III-8 variación de no conformes porcentual con relación a la producción .....	63
Tabla III-9 Datos de dimensiones y pesos.....	64
Tabla III-10 Parámetros del producto terminado.....	65
Tabla III-11 Parámetros de peso del producto terminado .....	65
Tabla III-12 Parámetros del alto del producto terminado .....	66
Tabla III-13 Parámetros del alto del producto terminado .....	67
Tabla III-14 Parámetros del largo del producto terminado .....	67
Tabla III-15 No conformes de producto terminado después del horneado. ....	69
Tabla III-16 Resultados de los ensayos de resistencia de ladrillo cerámico 6 huecos.....	70
Tabla III-17 Porcentaje de absorción de humedad del producto terminado. ....	72
Tabla IV-1 Parámetros de puntos de control.....	78

Tabla IV-2 Parámetros de porcentaje de humedad aceptable .....	87
Tabla IV-3 Parámetros de presión de la extrusora aceptable .....	88
Tabla IV-4 Criterio de aceptación y rechazo de los lotes de inspección .....	94
TablaIV-5 Matriz RACI, asignacion de responsabilidades.....	95
Tabla IV-6 Cronograma de actividades para el control del proceso productivo .....	94
Tabla IV-7 Rutinas de control de las actividades basado en el manual de instructivos.....	97
Tabla IV-8 Rutinas de control de las actividades basado en el manual de procedimientos.....	98
Tabla IV-9 Inversión de la propuesta de control de calidad .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. I-1. Árbol de problemas .....	5
Fig. I-2. Árbol de soluciones .....	6
Fig. 1-3 Logo de la empresa .....	9
Fig. 1-4 organigrama de la empresa.....	10
Fig. 1-5 Diagrama de flujo del proceso del ladrillo de 6 huecos normal .....	14
Fig. 1-6 Lay – out actual de la cerámica .....	17
Fig. 2-1. Flujo del material en una tolva de alimentación.....	25
Fig. 2-2 Relación entre presión de extrusión, humedad y plasticidad de la arcilla.....	27
Fig. 2-3 Extrusión .....	28
Fig. 2-4 Curva de secado.....	31
Fig. 2-5 Curva típica de velocidad de secado de una arcilla .....	32
Fig. 2-6 Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla .....	33
Fig. 3-1 Grafica de variación porcentual en ladrillos húmedos-seco en función de la presión.....	52
Fig. 3-2 Gráfica de dispersión de la Presión con relación a la humedad .....	55
Fig. 3-3 Grafica de la variación de los pesos de las muestras en función el tipo de extrusión .....	57
Fig. 3-4 Gráfica de alto de las muestras.....	58
Fig. 3-5 Gráfica de ancho de las muestras .....	58
Fig. 3-6 Gráfica de largo de las muestras.....	59
Fig. 3-7 Vagón con ladrillos .....	60
Fig. 3-8 Grafica de carta de control de medias de la producción actual .....	62
Fig. 3-9 Grafica de carta de control de Rangos de la producción actual .....	62
Fig. 3-10 Grafica, carta de control de los pesos del producto terminado .....	65
Fig. 3-11 Gráfica, carta de control del alto del producto terminado.....	66
Fig. 3-12 Gráfica, carta de control del ancho del producto terminado .....	67
Fig. 3-13 Gráfica, carta de control del largo del producto terminado.....	68
Fig. 3-14 Gráfica, carta de control “p” para las proporciones de defectuosos .....	69



Fig. 3-15 Gráfica, punto de ruptura a compresión del ensayo.....	71
Fig. 4-1 Diagrama de Pareto de las causas del problema.....	75
Fig. 4-2 Diagrama de flujo propuesto .....	83
Fig. 4-3 Lay – out con puntos de control .....	92

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Imágenes de la cerámica

Anexo 2: Tabulación de datos obtenidos

Anexo 3: Manual de procedimientos y funciones

Anexo 3.1: Manual de funciones

Anexo 3.2: Manual de funciones y procedimientos de inspección de la materia Prima.

Anexo 3.2.1: Formulario para la inspección de la materia prima

Anexo 3.3: Manual de funciones y procedimientos para determinar el porcentaje de humedad

Anexo 3.4: Manual de funciones y procedimientos para control de parámetros de ladrillos extruidos para secado

Anexo 3.4.1: Formulario para control de parámetros de ladrillos extruidos para secado

Anexo 3.5: Manual de funciones y procedimientos para el control de ladrillos Defectuosos tras la Etapa de Moldeo

Anexo 3.5.1: Formulario para control de ladrillos defectuosos tras la etapa de moldeo

Anexo 3.6: Manual de funciones y procedimientos para control de temperaturas y humedad en la cámara de secado

Anexo 3.6.1: Formulario para control de temperaturas y humedad en los secaderos

Anexo 3.7: Manual de funciones y procedimientos para control de vagones secos

Anexo 3.7.1: Formulario para control de vagones secos

Anexo 3.8: Manual de funciones y procedimientos para Control de Cocido en el Proceso de Fabricación de Ladrillos

Anexo 3.8.1: Formulario para control de temperaturas y humedad en los secaderos

Anexo 3.9: Manual de funciones y procedimientos para control de resistencia del producto terminado

Anexo 3.9.1: Formulario para el control de resistencia del producto terminado

Anexo 3.10: Manual de funciones y procedimientos para control de absorción de

humedad

Anexo 3.10.1: Formulario para el control de absorción del ladrillo cerámico 6 huecos

Anexo 3.11: Formulario para control de porcentaje de no conformes

Anexo 3.12: Formulario para control de porcentaje de no conformes después del secado

Anexo 3.13: Formulario para control de porcentaje de no conformes después del horneado

Anexo 3.14: Formulario para el control de documentos

Anexo 4: Manual de instructivos

Anexo 4.1: Instructivo de recepción de materia prima para control de calidad

Anexo 4.2: Instructivo de determinación del porcentaje de humedad

Anexo 4.3: Instructivo de extracción y medición de ladrillos recién moldeados

Anexo 4.5: Instructivo para el control de vagones secos

