

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA LÍNEA DE AGUA
DESCARTABLE DE 5 LITROS PARA LA EMPRESA “CASCADA
DEL SUR” DE LA CIUDAD DE TARIJA**

Por:

SEBASTIAN RUEDA APARICIO

**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**

Mayo de 2025

TARIJA-BOLIVIA

Vº Bº

M.Sc Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO DE LA FACULTAD

DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

M.Sc. Ing. Fernando E. Cortez Michel

VICEDECANO FACULTAD

DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

M.Sc Ing. Emmy A. Alfaro Murillo

DIRECTORA DE LA CARRERA

DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

APROBADO POR:

TRIBUNAL

Ing. Olga Andrea Mercado Cordero

Ing. Paula Andrea Jaime Valeriano

Ing. Jaime Enrique Lujan Pérez

Advertencia

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

Dedicatoria

Dedicado a mis padres Evelio Rueda y Maria Eldy Aparicio, quienes siempre han creído en mí y me han dado la fuerza para alcanzar mis metas.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por el don de la vida, por darme la fortaleza y la sabiduría necesarias para completar este trabajo, y por iluminar mi camino en los momentos de duda.

A mis amigos, por su compañía, aliento y confianza en mí, que hicieron de este camino una experiencia inolvidable. Gracias por estar siempre presentes en los momentos importantes.

Pensamiento

La derrota no es el peor de los fracasos.

No intentarlo es el verdadero fracaso

George Edward Woodberry

ÍNDICE

Advertencia	I
Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
Pensamiento.....	IV
Resumen.....	V

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 <i>Antecedentes Internacionales</i>	1
1.1.2 <i>Antecedentes Nacionales</i>	2
1.2 PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA	3
1.2.1 <i>Árbol de problemas</i>	5
1.2.2 <i>Árbol de soluciones</i>	6
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.3.1 <i>Objetivos</i>	7
1.3.1.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.3.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.4 JUSTIFICACIÓN	7
1.4.1 <i>Justificación económica</i>	7
1.4.2 <i>Justificación legal</i>	8
1.4.3 <i>Justificación académica</i>	9
1.4.4 <i>Justificación estratégica</i>	9
1.5 ALCANCE	10

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2 MARCO TEÓRICO	11
2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	11
2.2 REINGENIERÍA DE PROCESOS	11
2.3 REDISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	13
2.3.1 <i>Tipos de línea de producción</i>	13
2.3.1.1 <i>Líneas de montaje</i>	14
2.3.1.2 <i>Líneas de fabricación</i>	14
2.3.1.3 <i>Líneas automáticas y manuales</i>	14
2.3.1.4 <i>Líneas paced</i>	17

2.3.1.5	Líneas unpaced.....	18
2.3.1.6	Líneas monomodelo	18
2.3.1.7	Líneas multimodelo	18
2.3.1.8	Líneas con mezcla de modelos	18
2.3.1.9	Longitud de una línea	19
2.3.1.10	Líneas en U	19
2.3.2	<i>Diseño de líneas de fabricación.....</i>	20
2.3.3	<i>Definir las máquinas que se van a utilizar</i>	21
2.3.4	<i>Diseño de líneas de montaje</i>	21
2.4	LEAN MANUFACTURING.....	22
2.5	DIFERENCIAS ENTRE REINGENIERÍA Y REDISEÑO.....	23
2.6	INGENIERÍA DE MÉTODOS.....	24
2.6.1	<i>Visión histórica de ingeniería de método</i>	25
2.6.2	<i>Tipos de diagramas de Procesos</i>	25
2.6.2.1	Cursograma Sinóptico	26
2.6.2.2	Cursograma Analítico.....	27
2.6.2.3	Diagrama de Recorrido	27
2.6.3	<i>Diagrama de Flujo.....</i>	28
2.6.4	<i>Diagrama de Gantt</i>	29
2.7	PRODUCTIVIDAD.....	30
2.8	BALANCE DE MATERIA	31
2.9	EVALUACIÓN FINANCIERA	31
2.9.1	<i>Valor Actual Neto (VAN).....</i>	31
2.9.2	<i>Tasa Interna de Retorno (TIR).....</i>	32
2.9.3	<i>Retorno sobre la Inversión (ROI)</i>	32
2.9.4	<i>Relación Beneficio-Costo (RBC)</i>	33
2.10	MODELOS DE PRONÓSTICO PARA SERIES TEMPORALES.....	33
2.10.1	<i>MODELO SARIMA.....</i>	33
2.11	ERGONOMÍA.....	34
2.12	MÉTODO REBA.....	34
2.12.1	<i>¿Cómo se calcula el puntaje REBA?</i>	35
2.13	SISTEMA PERSONA-MÁQUINA.....	35
2.14	MARCO REFERENCIAL	36
2.14.1	<i>El agua.....</i>	36
2.14.2	<i>Agua de grifo.....</i>	37
2.14.3	<i>Aguas duras, aguas blandas</i>	37
2.14.4	<i>Agua mineral</i>	37
2.14.5	<i>Tipos de aguas según los minerales</i>	37
2.14.5.1	Alcalinas	37
2.14.5.2	Bicarbonatadas	38
2.14.5.3	Calcáreas.....	38

2.14.5.4	Cloradas	38
2.14.5.5	Ferruginosas	38
2.14.5.6	Fluoradas	39
2.14.5.7	Magnésicas	39
2.14.6	<i>Norma Boliviana NB 325002 "Bebidas analcohólicas – Agua de mesa - Requisitos"</i>	39
2.14.6.1	Requisitos	39
2.14.6.2	Características organolépticas.....	40
2.14.6.3	Requisitos físico – químicos.....	40
2.14.6.4	Requisitos microbiológicos	41
2.14.6.5	Requisitos del CO ²	41
2.14.6.6	Envasado.....	42
2.14.6.7	Tapas roscas	43
2.14.6.8	Tapas corona	43
2.14.6.9	Etiquetado.....	43
2.15	TÉRMINOS Y DEFINICIONES PARA EL PROYECTO.....	44

CAPÍTULO III

DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3	DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	45
3.1	ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	45
3.2	UBICACIÓN DE LA EMPRESA	46
3.3	DATOS COMERCIALES.....	47
3.4	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	48
3.4.1	<i>Personal directo e indirecto y cantidad de trabajadores por área de trabajo</i> 49	
3.5	PRODUCTOS QUE BRINDA	50
3.6	DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS UTILIZADOS.....	53
3.7	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	55
3.8	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGUAS DE 5 LITROS	56
3.9	DIAGRAMA DE PROCESO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS	58
3.10	FLUJOGRAMA DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL AGUA DESCARTABLE DE 5 LITROS 60	
3.11	RIESGOS LABORALES	61
3.11.1	<i>Manipulación Manual Inadecuada</i>	61
3.11.2	<i>Deficiencias Ergonómicas</i>	61
3.11.3	<i>Falta de Automatización</i>	61
3.11.4	<i>Capacitación Insuficiente</i>	62
3.12	DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	62
3.13	BALANCE DE MATERIA	65
3.14	CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO	66

3.14.1	<i>Resumen de actividades del Cursograma analítico del proceso</i>	67
3.15	CURSOGRAMA DEL PROCESO	68
3.16	DIAGRAMA DE HILOS	69
3.17	DIAGRAMA DE RECORRIDO	71
3.17.1	<i>Análisis técnico de los resultados numéricos</i>	75
3.18	DEMANDA ACTUAL	75
3.19	CUANTIFICACIÓN DE PERDIDAS	79
3.19.1	<i>Cálculo de las Pérdidas</i>	79
3.20	EVALUACIÓN DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD GLOBAL ..	80
3.20.1	<i>Productividad global por lote</i>	80
3.20.2	<i>Productividad referente a tiempos</i>	81
3.20.3	<i>Productividad referente a pérdidas</i>	81
3.20.4	<i>Productividad referente a distancias</i>	81
3.20.5	<i>Productividad referente a la mano de obra</i>	81
3.21	DIAGNÓSTICO ERGONÓMICO	82

CAPÍTULO IV

ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO DEL EQUIPO

4	ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO DEL EQUIPO	84
4.1	PROPUESTAS DE DISEÑO DEL EQUIPO	84
4.2	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS	84
4.3	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA	85
4.4	PRONÓSTICO DE LA DEMANDA FUTURA	87
4.4.1	<i>Método de pronóstico utilizado</i>	87
4.4.2	<i>Proyección de la demanda</i>	87
4.4.3	<i>Comparación de las demandas</i>	90
4.5	CAPACIDAD PRODUCTIVA VS. DEMANDA PROYECTADA	92
4.6	SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS NECESARIOS	93
4.6.1	<i>Llenadora de botellas</i>	94
4.6.2	<i>Transportador de Cadena Plana</i>	95
4.6.3	<i>Túnel de Termoencogido para precintos de seguridad</i>	97
4.6.4	<i>Envolvedora</i>	98
4.6.5	<i>Horno de termocontracción</i>	99
4.7	DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS	100
4.7.1	<i>Diseño y dimensionamiento de la Llenadora de botellas</i>	100
4.7.2	<i>Diseño y dimensionamiento del Transportador de Cadena Plana</i>	101
4.7.3	<i>Diseño y dimensionamiento del Túnel de Termoencogido para precintos de seguridad</i>	101
4.7.4	<i>Diseño y dimensionamiento de la Envolvedora</i>	102
4.7.5	<i>Diseño y dimensionamiento del Horno de termocontracción</i>	102
4.8	ESPECIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS	103

4.8.1	<i>Especificación de la Llenadora de botellas.....</i>	103
4.8.2	<i>Especificación del Transportador de Cadena Plana</i>	103
4.8.3	<i>Especificación del Túnel del Termoencogido para precintos de seguridad</i> <i>104</i>	104
4.8.4	<i>Especificación de la Envolvedora.....</i>	104
4.8.5	<i>Especificación del Horno de termocontracción</i>	104
4.9	CONTROLES A REALIZAR	105
4.9.1	<i>Controles de eficiencia operativa</i>	105
4.9.2	<i>Controles de calidad.....</i>	105
4.9.3	<i>Controles de seguridad.....</i>	105
4.9.4	<i>Controles en la automatización</i>	106
4.9.5	<i>Controles de gestión.....</i>	106
4.10	PROCESO PRODUCTIVO PROPUESTO	106
4.11	CARACTERÍSTICAS CLAVE DEL PROCESO PROPUESTO.....	109
4.12	MANUALES DE PROCEDIMIENTOS	110
4.13	DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO	111
4.14	DIFERENCIAS CLAVE ENTRE EL DIAGRAMA ACTUAL Y EL PROPUESTO.....	112
4.14.1	<i>Impacto de las Mejoras Propuestas.....</i>	113
	<i>Optimización del Tiempo:</i>	113
4.15	REQUERIMIENTO DE OBRAS.....	113
4.16	EVALUACIÓN DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD GLOBAL CON REDISEÑO.....	114
4.16.1	<i>Productividad global por lote</i>	114
4.16.2	<i>Productividad referente a tiempos</i>	114
4.16.3	<i>Productividad referente a perdidas.....</i>	115
4.16.4	<i>Productividad referente a distancias</i>	115
4.16.5	<i>Productividad referente a la mano de obra.....</i>	115
4.17	COMPARACIÓN CUANTITATIVA DEL ANTES VS EL DESPUÉS DEL REDISEÑO.....	115
4.18	DISPOSICIÓN DE ESPACIO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	117
4.19	LAY-OUT PROPUESTO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE AGUA DESCARTABLE DE 5 LITROS.....	119
4.20	PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICA Y SUMINISTRO DE AGUA.....	121
4.21	CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO PROPUESTO	124
4.22	IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS ERGONÓMICAS EN ESTACIONES DE TRABAJO	126
4.23	PLAN DE CAPACITACIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO	128
4.23.1	<i>Objetivos de la capacitación.....</i>	128
4.23.2	<i>Contenido del plan de capacitación</i>	129

CAPÍTULO V
ANÁLISIS ECONÓMICO

5	ANÁLISIS ECONÓMICO	130
5.1	INVERSIÓN TOTAL	130
5.1.1	<i>Inversión en maquinaria e instalaciones.....</i>	<i>130</i>
5.1.2	<i>Inversiones en Mano de Obra.....</i>	<i>131</i>
5.1.3	<i>Costo total.....</i>	<i>131</i>
5.2	COSTOS OPERATIVOS	132
5.2.1	<i>Costos fijos.....</i>	<i>132</i>
5.2.2	<i>Costos Variables.....</i>	<i>133</i>
5.3	FINANCIAMIENTO	133
5.4	FLUJO DE CAJA	134
5.5	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	135
5.6	FLUJO DE CAJA DE ACUERDO AL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	136
5.7	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD.....	137
5.7.1	<i>Retorno sobre la Inversión (ROI)</i>	<i>137</i>

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	138
6.1	CONCLUSIONES	138
6.2	RECOMENDACIONES	139
	BIBLIOGRAFÍA	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Líneas automáticas y manuales	15
Tabla 2.2 Diseño de líneas de fabricación.....	20
Tabla 2.3 Diseño de líneas de montaje.....	22
Tabla 2.4 Características que diferencian los modelos	24
Tabla 2.5 Puntaje REBA	35
Tabla 2.6 Requisitos físico - químicos	40
Tabla 2.7 Requisitos microbiológicos	41
Tabla 2.8 Requisitos para el CO2	42
Tabla 2.9 Requisitos microbiológicos de los envases	43
Tabla 2.10 Requisitos de las tapas coronas aplicadas	43
Tabla 3.1 Ficha técnica.....	47
Tabla 3.2 Personal directo	49
Tabla 3.3 Personal indirecto	50
Tabla 3.4 Productos de CASCADA DEL SUR	51
Tabla 3.5 Materia prima e Insumos utilizados.....	53
Tabla 3.6 Maquinaria y equipos	62
Tabla 3.7 Tabla resumen de actividades.....	67
Tabla 3.8 Datos históricos en la línea de agua de 5 litros gestión 2022-2024.....	75
Tabla 3.9 Resumen de Pérdidas	80
Tabla 3.10 Evaluación REBA de los puestos de trabajo en la línea de producción ...	83
Tabla 4.1 Matriz de Decisiones para el Rediseño de la Línea de Producción.....	85
Tabla 4.2 Proyección de la demanda.....	88
Tabla 4.3 Comparación de Capacidad Productiva y Determinación de Capacidad Ociosa.....	93
Tabla 4.4 Características técnicas de Llenadora de botellas	103
Tabla 4.5 Características técnicas del transportador	103
Tabla 4.6 Características técnicas de Túnel de Termoencogido	104
Tabla 4.7 Características técnicas de la envolvedora.....	104
Tabla 4.8 Características técnicas del Horno de termocontracción	104
Tabla 4.9 Diferencias Clave entre el Diagrama Actual y el Propuesto	112
Tabla 4.10 Cuadro comparativo de las Productividades	115
Tabla 4.11 Cuadro comparativo de Producción.....	116
Tabla 4.12 Mejoras Ergonómicas por Estación de Trabajo	127
Tabla 4.13 Contenido del plan de capacitación	129

Tabla 5.1 Inversión en maquinaria e instalaciones	130
Tabla 5.2 Inversiones en Mano de Obra.....	131
Tabla 5.3 Inversión Total.....	131
Tabla 5.4 Costos fijos.....	132
Tabla 5.5 Costos variables.....	133
Tabla 5.6 Cronograma de financiamiento	134
Tabla 5.7 Flujo de caja propuesto	134
Tabla 5.8 Indicadores obtenidos del flujo de caja.....	135
Tabla 5.9 Análisis de sensibilidad.....	135
Tabla 5.10 Flujo de caja de acuerdo al análisis de sensibilidad	136
Tabla 5.11 Indicadores obtenidos del flujo de caja de acuerdo al análisis de sensibilidad	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Árbol de Problemas.....	5
Figura 1.2 Árbol de soluciones.....	6
Figura 2.1 Líneas en U	19
Figura 2.2 Globalización	25
Figura 2.3 Tipos de diagramas de representación de los procesos	26
Figura 2.4 Cursograma sinóptico.....	26
Figura 2.5 Cursograma Analítico.....	27
Figura 2.6 Diagrama de Recorrido	28
Figura 2.7 Ejemplo de diagrama de flujo	29
Figura 2.8 Ejemplo de diagrama de Gantt	30
Figura 2.9 Sistema de trabajo	36
Figura 3.1 Ubicación de la empresa.....	47
Figura 3.2 Organigrama de la empresa	48
Figura 3.3 Lay – Out actual de la planta	55
Figura 3.4 Diagrama de proceso del tratamiento de aguas	58
Figura 3.5 Flujograma del proceso productivo del agua descartable de 5 litros	60
Figura 3.6 Balance de materia del proceso de elaboración de aguas descartables de 5 litros	65
Figura 3.7 Cursograma analítico del proceso productivo actual	66
Figura 3.8 Cursograma sinóptico del proceso productivo actual	68
Figura 3.9 Diagrama de hilos del proceso productivo	69
Figura 3.10 Diagrama de recorridos del proceso productivo	71
Figura 3.11 Diagrama de recorridos sección 1	72
Figura 3.12 Diagrama de recorridos sección 2	73
Figura 3.13 Diagrama de recorridos sección 3	74
Figura 3.14 Producción mensual en Litros de agua descartable de 5 litros	77
Figura 3.15 Producción mensual en paquetes de agua descartable de 5 litros.....	78
Figura 4.1 Proyección mensual en litros de agua descartable de 5 litros.....	89
Figura 4.2 Proyección mensual en paquetes de agua descartable de 5 litros	90
Figura 4.3 Demanda histórica y demanda proyectada en litros.....	91
Figura 4.4 Demanda histórica y demanda proyectada en paquetes	92
Figura 4.5 Llenadora de botellas	95
Figura 4.6 Transportador de Cadena Plana	96
Figura 4.7 Túnel de Termoencogido para precintos de seguridad	97
Figura 4.8 Envolvedora Pac 70	98

Figura 4.9 Horno de termocontracción	99
Figura 4.10 Diseño y dimensionamiento de Llenadora de botellas	100
Figura 4.11 Diseño y dimensionamiento de Transportador de cadena plana	101
Figura 4.12 Diseño y dimensionamiento de Túnel de Termoencogido	101
Figura 4.13 Diseño y dimensionamiento de Envolvedora	102
Figura 4.14 Diseño y dimensionamiento de Horno de termocontracción.....	102
Figura 4.15 Diagrama de flujo propuesto de aguas descartables de 5 litros	111
Figura 4.16 Espacio propuesto para la nueva línea de agua de 5 litros	117
Figura 4.17 Lay-Out propuesto para la línea de producción de agua descartable de 5 litros	119
Figura 4.18 Disposición de nueva línea	120
Figura 4.19 Plano de suministro de agua	122
Figura 4.20 Plano de red eléctrica	123
Figura 4.21 Cursograma analítico del proceso propuesto	125

ANEXOS

ANEXO 1: Demanda histórica

ANEXO 2: Proyección de la demanda método Sarima

ANEXO 3: Evaluación reba de los puestos de trabajo en la línea de producción

ANEXO 4: Criterios para evaluación de inversión

ANEXO 5: Controles de calidad

ANEXO 6: Manuales de procedimientos

ANEXO 6.1: Manual de procedimiento de aguas descartables de 5 litros

ANEXO 7: Instructivos de trabajo de aguas descartables de 5 litros

ANEXO 8: Cálculos para el análisis económico