

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE
TRANSPORTE DE LECHE CRUDA EN LA PLANTA DE
LÁCTEOS CAYARA - POTOSÍ**

POR:

GUSTAVO PAREDES GÓMEZ

**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.**

Diciembre de 2025

TARIJA - BOLIVIA

VºBº

M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO

Lic. Fernando Cortez

VICEDECANO

Ing. Emmy Adela Alfaro Murillo
DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

Ing. Dean Rafael Castillo Limachi

Ing. Ismael Gerardo Castillo García

Ing. María Guadalupe Chuca Bejarano

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

A mis padres Bertha Gómez y Grimaldo Paredes por todo su apoyo y sacrificio en mi formación profesional, a mis hermanos Madeline, Elvis y Julio Paredes por sus palabras de ánimo, motivación y sus oraciones.

A la memoria de mi hermanita Helén Paredes, mis abuelitos Segundino Gómez y Clementina Rasguido.

AGRADECIMIENTOS

A Dios mi Padre Celestial y a mi Salvador Jesucristo por ser la razón y guía de mi diario vivir.

A mi amada familia por su amor, apoyo y ser mi motivación de crecer y mejorar día a día.

Al propietario de la Empresa Lácteos Cayara, Ing. Juan Jorge Aitken Castedo, al Ing. Jhamil Churqui Jefe de Planta y al Ing. Bayrón Condori Jefe de Producción, y a todo el personal por la colaboración brindada en la información y conocimientos para este proyecto.

A mi tutor de tesis Ing. Jaime Lujan, por su compromiso, orientación, guía académica y sus valiosas sugerencias en la elaboración de este proyecto.

A mis docentes de la carrera que contribuyeron con su esfuerzo, asesoría y dedicación, mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros de la carrera, por el compañerismo, esfuerzo conjunto, por las experiencias únicas, alegrías, tristezas que enriquecieron este camino académico.

PENSAMIENTO

“De sacrificios nacen bendiciones”

ÍNDICE

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

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1	Introducción	2
1.1	Antecedentes	2
1.1.1	Antecedentes Teóricos.....	2
1.1.2	Antecedentes de Campo.....	4
1.1.3	Antecedentes Empresariales.....	5
1.2	Identificación del problema.....	6
1.2.1	Descripción del problema u oportunidad	6
1.2.2	Formulación del problema	8
1.2.3	Árbol de problemas	9
1.2.4	Árbol de soluciones.....	10
1.3	Objetivos	11
1.3.1	Objetivo General	11
1.3.2	Objetivos específicos	11
1.4	Justificación.....	12
1.4.1	Justificación Académica.....	12

1.4.2	Justificación Técnica.....	12
1.4.3	Justificación Legal	13
1.4.4	Justificación Económica.....	13
1.4.5	Justificación Personal.....	14
1.5	Metodología	14
1.5.1	Enfoque y tipo de investigación.....	14
1.5.2	Métodos y técnicas de investigación.....	15
1.5.3	Población o sujeto de estudio.....	16
1.5.4	Tipo de muestreo	16
1.5.5	Tamaño de la muestra.....	16
1.5.6	Recolección de la información.....	17
1.5.7	Instrumentos de recolección de información	17

CAPÍTULO II

EMPRESA

2	Empresa	19
2.1	Identificación de la empresa.....	19
2.2	Ubicación.....	19
2.3	Organización.....	20
2.4	Productos y/o servicios.....	22
2.5	Maquinaria y Equipo	28
2.6	Materia Prima e insumos	33
2.7	Proceso Productivo.....	34
2.7.1	Descripción del proceso productivo.....	34
2.7.2	Diagrama de flujo del proceso	39

2.8	Distribución en planta	44
2.9	Residuos y/o desechos	45

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3	Marco teórico	47
3.1	Marco científico o conceptual	47
3.1.1	Fundamentos de fluidos	47
3.1.1.1	Transporte de fluidos.....	47
3.1.1.2	Bomba sanitaria	47
3.1.1.3	Válvulas y abrazaderas sanitarias	47
3.1.1.4	Tuberías sanitarias.....	47
3.1.1.5	Hermeticidad en sistemas de tuberías	48
3.1.2	Transporte de leche y fundamentos lácteos.....	48
3.1.2.1	Transporte de leche manual.....	48
3.1.2.2	Transporte de leche por tuberías	48
3.1.2.3	Inocuidad.....	49
3.1.2.4	Contaminación cruzada.....	49
3.1.2.5	Pérdidas de producto.....	49
3.1.2.6	Manipulación directa.....	49
3.1.2.7	Derrames y mermas	50
3.1.3	Sistema CIP.....	50
3.1.3.1	Sistema CIP (Cleaning in Place).....	50
3.1.3.2	Sistemas CIP en el transporte de leche	50
3.1.3.3	Funcionamiento del sistema CIP	51

3.1.3.4 Limpieza del sistema CIP	51
3.1.3.5 Ventajas del sistema CIP	52
3.1.3.6 Limpieza profunda	52
3.1.3.7 Tanque de procesos	52
3.1.3.8 Circulo de Sinner	53
3.1.4 Ingeniería y métodos	53
3.1.4.1 Ingeniería de métodos	53
3.1.4.2 Estudio de tiempos	53
3.1.4.3 Productividad	54
3.1.4.4 Optimización.....	54
3.1.4.5 Eficiencia operativa.....	54
3.1.4.6 Flujograma de proceso	54
3.1.4.7 Diagrama de recorrido	55
3.1.4.8 Diagrama de hilos	55
3.1.4.9 Cursogramas analíticos	55
3.1.4.10 Diagrama de red	56
3.1.4.11 Círculo de Deming (PDCA).....	56
3.1.4.12 Riesgos ergonómicos	57
3.1.4.13 Carga física	58
3.1.4.14 Recorridos repetitivos	58
3.1.4.15 Limitaciones operativas	58
3.1.4.16 Tiempos improductivos.....	58
3.1.4.17 Área productiva.....	59
3.1.4.18 Manuales técnicos	59

3.1.4.19	Mantenimiento preventivo	59
3.1.4.20	Instructivo de mantenimiento.....	59
3.1.4.21	Capacitación y formación del personal	60
3.1.4.22	Módulo de capacitación	60
3.1.4.23	Puesta en marcha.....	60
3.1.4.24	Matriz RACI	61
3.1.4.25	KPI o Indicadores Clave de Desempeño.....	61
3.1.4.26	Manuales de procedimiento	61
3.1.4.27	Gráfica de barras	62
3.1.4.28	Diagrama P&ID	62
3.1.4.29	Distribución normal	62

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

4	Diagnóstico	64
4.1	Transporte de leche por el Método Manual.....	64
4.1.1	Análisis de recorridos y distancias en el transporte de leche por el método manual.....	68
4.1.2	Tiempos registrados, Análisis Estadísticos y Cursogramas Analíticos de las operaciones en el Transporte de leche en el Método Manual.....	70
4.1.2.1	Tiempos registrados en el transporte de leche al área de yogur.....	71
4.1.2.2	Análisis estadístico de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el Área de yogur	72
4.1.2.3	Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche al Área de Yogur por el Método Manual.....	73
4.1.2.4	Tiempos registrados en el transporte de leche al área de queso.....	76

4.1.2.5	Análisis estadístico de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el Área de queso	77
4.1.2.6	Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche al área de Queso por el Método manual	78
4.1.2.7	Tiempos registrados en el transporte de leche al área de helado	81
4.1.2.8	Análisis estadístico de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el Área de helado	82
4.1.2.9	Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche al área de Helado por Método manual.....	83
4.1.2.10	Tiempos registrados en el transporte de leche al área de nata	86
4.1.2.11	Análisis estadístico de la distribución normal en las mediciones del transporte de leche hacia el Área de nata	87
4.1.2.12	Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche al área de Nata por Método Manual.....	88
4.1.3	Tiempo total de Transporte de leche usando el Método Manual	89
4.1.4	Problemas identificados en el método manual de transporte de leche	89
4.2	Análisis del sistema CIP	91
4.2.1	Información técnica del sistema CIP	91
4.2.1.1	Descripción del sistema CIP	91
4.2.1.2	Flujo de trabajo del sistema CIP	91
4.2.1.3	Elementos del Sistema CIP	91
4.2.1.4	Cantidad de elementos del sistema CIP en las áreas de producción	91
4.2.1.5	Distancias de las tuberías en el sistema CIP	92
4.2.1.6	Elementos químicos en la limpieza del sistema CIP	92
4.2.1.7	Limpieza del sistema CIP	92

4.2.1.8	Protocolos de Limpieza del sistema CIP	93
4.2.1.9	Bombas del sistema CIP	93
4.2.1.10	Plano del sistema CIP	94
4.2.2	Información Descriptiva del sistema CIP	96
4.2.2.1	Áreas involucradas	96
4.2.3	Información Organizacional.....	99
4.2.3.1	Personal involucrado.....	99
4.3	Transporte de leche por el Método Automatizado (CIP).....	99
4.4	Documentación del sistema CIP.....	99
4.5	Causas para la no utilización del CIP	100

CAPÍTULO V

INGENIERÍA DEL PROYECTO

5	Ingeniería del proyecto	102
5.1	Breve descripción de la propuesta.....	102
5.2	Acciones preliminares para dar funcionamiento al sistema CIP	102
5.3	Manuales Técnicos	105
5.3.1	Manuales de procedimiento	105
5.3.1.1	Manual de procedimiento de transporte de leche por el sistema tubería / CIP.....	105
5.3.1.2	Manual de procedimiento para el cambio y preparación de químicos del sistema CIP	106
5.3.1.3	Manual de procedimiento para la limpieza de tuberías del sistema CIP.....	106
5.3.2	Instructivos de mantenimiento	107
5.3.2.1	Mantenimiento de bombas del sistema CIP	107

5.3.2.2	Mantenimiento preventivo de limpieza profunda de las tuberías y sus conexiones.....	107
5.3.3	Documentación de capacitación.....	108
5.3.3.1	Módulo I Operación del sistema CIP.....	108
5.3.3.2	Módulo II Mantenimiento del sistema CIP.....	109
5.4	Implementación del Ciclo PHVA al transporte de leche	109
5.5	Análisis del Diagrama de hilos y los Cursogramas Analíticos Propuestos ...	111
5.5.1	Diagrama de hilos de recorrido del operario en el transporte de leche por tubería/CIP para las diferentes áreas de producción	111
5.5.2	Cursogramas Analíticos Propuestos para el transporte de leche por tubería/CIP	113
5.5.2.1	Cursograma Analítico Propuesto para el Transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Yogur	114
5.5.2.2	Resultado del Cursograma Analítico propuesto para el transporte de leche al área de Yogur.....	115
5.5.2.3	Cursograma Analítico Propuesto para el Transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Queso	117
5.5.2.4	Resultado del Cursograma Analítico propuesto para el transporte de leche al área de Queso	118
5.5.2.5	Cursograma Analítico Propuesto para el Transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Helado.....	120
5.5.2.6	Resultado del Cursograma Analítico propuesto para el transporte de leche al área de Helado.....	121
5.5.2.7	Cursograma Analítico Propuesto para el transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Nata.....	123

5.5.2.8	Resultado del Cursograma Analítico propuesto para el transporte de leche al área de Nata.....	124
5.5.3	Tiempo total de Transporte de leche usando el sistema CIP.....	126
5.6	Indicadores	127
5.7	Cronograma de implementación de la propuesta	129

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

6	Análisis económico.....	132
6.1	Introducción.....	132
6.2	Identificación de los Costos.....	132
6.2.1	Costos de inversión	132
6.2.1.1	Costos de material y papelería	133
6.2.1.2	Costos de los EPP	133
6.2.1.3	Costo Mantenimiento inicial.....	134
6.2.1.4	Costo Insumos Químicos	135
6.2.1.5	Costo Mano de obra	136
6.2.1.6	Total Costo Inversión Inicial.....	136
6.3	Identificación de los beneficios.....	137
6.3.1	Beneficio en ahorro en mano de obra	137
6.3.2	Beneficio en ahorro por reducción de mermas	138
6.3.3	Beneficio por incremento productivo.....	138
6.3.4	Beneficio Total	139
6.4	Análisis Financiero.....	139
6.4.1	Retorno sobre la Inversión (ROI) en ahorros.....	139
6.4.2	Retorno sobre la Inversión (ROI) en incremento productivo.....	140

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7	Conclusiones y recomendaciones	142
7.1	Conclusiones	142
7.2	Recomendaciones.....	144
	Bibliografía	145
	ANEXOS	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tipos y Sabores de Helados	24
Tabla 2	Descripción de los diferentes Tipos y Sabores de yogur.....	26
Tabla 3	Descripción de las diferentes Capacidades y Envases de Yogur.....	26
Tabla 4	Descripción de Maquinarias y Equipos utilizados en la producción de Helados en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	29
Tabla 5	Descripción de Materiales utilizados en el proceso de producción de Helados en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	30
Tabla 6	Descripción de Maquinarias y Equipos utilizados en otros procesos de producción en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	31
Tabla 7	Materia Prima para la elaboración de Helados.....	33
Tabla 8	Descripción de Producción de Helados	34
Tabla 9	Distancias desde el tanque principal hacia los tanques de procesos	68
Tabla 10	Tiempos registrados en el Transporte de leche Manual al Área de Yogur	71
Tabla 11	Parámetros estadísticos del transporte de leche manual al área de Yogur...	72
Tabla 12	Tiempos registrados en el Transporte de leche Manual al Área de Queso	76
Tabla 13	Parámetros estadísticos del transporte de leche manual al área de queso..	77
Tabla 14	Tiempos registrados en el Transporte de leche Manual al Área de Helado	81
Tabla 15	Parámetros estadísticos del transporte de leche manual al área de helado.	82
Tabla 16	Tiempos registrados en el Transporte de leche Manual al Área de Nata ...	86
Tabla 17	Parámetros estadísticos del transporte de leche manual al área de nata.....	87
Tabla 18	Tiempo total del Transporte de leche Manual	89
Tabla 19	Problemas identificados en el Transporte de leche Manual	90
Tabla 20	Datos de la Bomba SAC del sistema CIP	94
Tabla 21	Causas y percepciones por las cuales el CIP no está en uso	100
Tabla 22	Acciones preliminares para dar funcionamiento al sistema CIP	103

Tabla 23	Diagrama de red de las acciones preliminares para el funcionamiento del CIP	104
Tabla 24	Implementación del Ciclo PHVA	110
Tabla 25	Tiempo total del Transporte de leche con el uso del CIP	126
Tabla 26	Propuesta de Indicadores KPIs.....	128
Tabla 27	Costos de Material y Papelería.....	133
Tabla 28	Costo de Equipos de protección personal EPP.....	134
Tabla 29	Costo Mantenimiento inicial	135
Tabla 30	Costo Insumos Químicos	136
Tabla 31	Costo Mano de obra	136
Tabla 32	Costo de la inversión	137
Tabla 33	Tabla comparativo de la producción con el incremento productivo.....	138
Tabla 34	Beneficio Total	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Árbol de problemas.....	9
Figura 2	Árbol de soluciones	10
Figura 3	Logo de la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	19
Figura 4	Ubicación de la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	20
Figura 5	Organigrama de la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	22
Figura 6	Helado clásico granulado de la “Empresa Lácteos Cayara - Potosí”	23
Figura 7	Tipos de Yogur en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	25
Figura 8	Producto de Nata en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	27
Figura 9	Queso fresco en la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	28
Figura 10	Balance de masa del proceso de elaboración de Helado clásico	36
Figura 11	Diagrama de Flujo del proceso productivo de Helado clásico	40
Figura 12	Diagrama de Flujo del proceso productivo del Yogur clásico de botella .	41
Figura 13	Diagrama de Flujo del proceso productivo del Queso fresco.....	42
Figura 14	Diagrama de Flujo del proceso productivo de la Nata	43
Figura 15	Distribución en Planta de la Empresa “Lácteos Cayara - Potosí”	44
Figura 16	Fotografía del trasvase intermedio de leche	64
Figura 17	Transporte manual de leche	65
Figura 18	Fotografía de descarga de leche a las áreas productivas.....	66
Figura 19	Diagrama de Flujo del proceso de Transporte de leche por el Método Manual.....	67
Figura 20	Plano del diagrama de recorrido del Operario en el proceso de Transporte de leche Manual hacia las diferentes Áreas de producción	69
Figura 21	Curva de distribución normal de los tiempos al área de yogur.....	72
Figura 22	Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche Manual al Área de Yogur	73
Figura 23	Curva de distribución normal de transporte al área de queso	77
Figura 24	Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche Manual al Área de Queso.....	78

Figura 25	Curva de distribución normal del transporte al área de helado	82
Figura 26	Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche Manual al Área de Helado	83
Figura 27	Curva de distribución normal de transporte al área de nata.....	87
Figura 28	Cursograma Analítico del proceso de Transporte de leche Manual al Área de Nata	88
Figura 29	Plano del sistema CIP en la Empresa Lácteos Cayara - Potosí	95
Figura 30	Plano de las áreas involucradas	96
Figura 31	Elementos del sistema CIP en el Área de acopio.....	97
Figura 32	Tanques de Limpieza del sistema CIP del Área de lavado	98
Figura 33	Diagrama de red de las actividades para el funcionamiento del CIP	104
Figura 3	Plano del diagrama de hilos del Operario en el proceso de Transporte de leche usando el sistema Tubería/CIP en las diferentes áreas de producción.....	112
Figura 35	Cursograma Analítico Propuesto para el proceso de Transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Yogur	114
Figura 36	Resumen comparativo del Transporte de leche al Área de Yogur	115
Figura 37	Gráfico de barras comparativo del Transporte de leche al Área de Yogur	116
Figura 38	Cursograma Analítico Propuesto para el proceso de Transporte de leche por Tubería/CIP para el Área de Queso	117
Figura 39	Resumen comparativo del Transporte de leche al Área de Queso.....	118
Figura 40	Gráfico de barras comparativo del Transporte de leche al Área de Queso	119
Figura 41	Cursograma Analítico Propuesto para el Transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Helado.....	120
Figura 42	Resumen comparativo del Transporte de leche al Área de Helado	121
Figura 43	Gráfico de barras comparativo del Transporte de leche al Área de Helado	122
Figura 44	Cursograma Analítico Propuesto para el Transporte de leche por tubería/CIP para el Área de Nata.....	123

Figura 45 Resumen comparativo del Transporte de leche al Área de Nata	124
Figura 46 Gráfico de barras comparativo del Transporte de leche al Área de Nata .	125
Figura 47 Cronograma de implementación de la propuesta.....	129

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo. 1	Cálculos de la distribución normal	150
Anexo. 2	Elementos del sistema CIP	154
Anexo. 3	Cantidad de Elementos del sistema CIP en las diferentes Áreas.....	156
Anexo. 4	Distancias de las tuberías por todo el sistema CIP	156
Anexo. 5	Elementos químicos en la limpieza del sistema CIP	157
Anexo. 6	Limpieza del sistema CIP	159
Anexo. 7	Protocolos de limpieza del sistema CIP	159
Anexo. 8	Diagrama P&ID de las bombas del sistema CIP	160
Anexo. 9	Bombas SAC del sistema CIP	161
Anexo. 10	Personal involucrado en las áreas de producción	161
Anexo. 11	Información del personal operativo	161
Anexo. 12	Manual de procedimientos	162
Anexo. 13	Procedimiento de Transporte de leche por el sistema tubería/CIP	163
Anexo. 14	Procedimiento para el cambio y preparación de químicos en el sistema CIP	179
Anexo. 15	Procedimiento para la limpieza de tuberías del sistema CIP.....	193
Anexo. 16	Instructivo de mantenimiento	239
Anexo. 17	Mantenimiento bombas del sistema CIP	240
Anexo. 18	Mantenimiento preventivo para la limpieza profunda de tuberías del sistema CIP y sus conexiones.....	261
Anexo. 19	Módulos de capacitación	274
Anexo. 20	Módulo I: Operación del sistema CIP	275
Anexo. 21	Módulo II: Mantenimiento del sistema CIP	286
Anexo. 22	Cálculo del beneficio en ahorro de mano de obra	296
Anexo. 23	Cálculo del beneficio en ahorro por reducción de mermas por derrames	296
Anexo. 24	Cálculo del beneficio por incremento productivo	296
Anexo. 25	Evidencia fotográfica.....	303