

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE QUÍMICA INDUSTRIAL



PROYECTO DE GRADO

**DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE PARAMETROS DEL
SISTEMA DE LIMPIEZA C.I.P. EN TANQUES DE
ELABORACIÓN DE LA PLANTA DE LÁCTEOS,
SOALPRO SRL.**

Proyecto de Grado para obtener el Título de Licenciatura en Química industrial

POSTULANTE: NELSON WILFREDO NAVIA CALLISAYA

TUTOR: MSc. Lic. MARIO LUCIO HILAQUITA CH.

LA PAZ – BOLIVIA

2018

DEDICATORIA

Agradezco a Dios y la vida ante todo, por otorgarme la sabiduría y la salud para lograrlo. A mis padres y hermanos por su ayuda y constante cooperación. Por ser la fuente de inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar.

AGRADECIMIENTOS A

| | |
|---|--|
| Universidad Mayor de San Andrés | Por abrirme sus puertas y formarme académicamente. |
| SOALPRO SRL. Planta Lácteos | Por darme la oportunidad de realizar este proyecto de grado. |
| Ingeniero: Eduardo Calderón Jefe de Planta Lácteos | Por su apoyo incondicional y supervisión del trabajo. |
| Tutor MSc. Lic. Mario Lucio Hilaquita CH. | Por el ánimo y apoyo que siempre me demostró, por su ayuda y constante Interés durante el proceso. |
| Tribunal Revisor MSc. Ingeniero Boris Parraga Andrade MSc. Licenciado Román Delgado | Por todos los conocimientos adquiridos durante la realización del proyecto y su cooperación |
| Personal planta | Por la cooperación brindada y apoyo Constante |

Contenido General

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2. Antecedentes de la Empresa..... | 2 |
| 1.2.1. Visión de la Empresa..... | 3 |
| 1.2.2. Misión de la Empresa..... | 3 |
| 1.2.3. Razón social y ubicación..... | 3 |
| 1.2.4. Organigrama de la planta de lácteos Soalpro Srl..... | 3 |
| 1.3. Problemática..... | 4 |
| 1.3.1. Planteamiento del problema..... | 4 |
| 1.3.2. Formulación del problema..... | 4 |
| 1.4. Justificación..... | 5 |
| 1.4.1. Justificación del Proyecto..... | 5 |
| 1.4.2. Justificación Académica..... | 5 |
| 1.4.2. Justificación Ambiental..... | 5 |
| 1.5. Objetivos..... | 5 |
| 1.5.1. Objetivo General..... | 5 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos..... | 6 |
| CAPÍTULO II..... | 8 |
| 2.1. MARCO TEÓRICO..... | 8 |
| 2.2. Aspectos generales de calidad..... | 8 |
| 2.2.1. Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA)..... | 8 |
| 2.2.2. Tipos de Enfermedades Transmitidas por Alimentos ETA..... | 8 |
| 2.2.3. Microorganismos causantes de ETA..... | 9 |
| 2.2.4. Factores que influyen en el crecimiento microbiano..... | 11 |
| 2.2.5. Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)..... | 12 |
| 2.2.6. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)..... | 13 |
| 2.2.7. Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)..... | 14 |
| 2.3. Principios fundamentales de higiene y saneamiento..... | 14 |
| 2.3.1. Conceptos de limpieza y desinfección..... | 14 |
| 2.3.1.1. Limpieza..... | 15 |
| 2.3.1.2. Productos químicos empleados en la limpieza..... | 15 |
| 2.3.1.3. Desinfección..... | 16 |
| 2.3.1.4. Desinfectante..... | 16 |

| | |
|--|----|
| 2.3.1.5. Propiedades de los desinfectantes | 16 |
| 2.4. Incrustaciones en la industria láctea..... | 17 |
| 2.4.1 Incrustación..... | 17 |
| 2.5. Métodos de limpieza usados en la industria láctea..... | 18 |
| 2.5.1. Método de limpieza C.I.P. (circuito Cerrado en el sitio)..... | 19 |
| 2.5.2. Variables de Sinner..... | 21 |
| 2.5.2.1. Acción mecánica..... | 22 |
| 2.5.2.2. Acción química..... | 22 |
| 2.5.2.3. Tiempo..... | 22 |
| 2.5.4.4. Temperatura..... | 22 |
| 2.5.3. Los programas de lavado..... | 22 |
| 2.5.4. Limpieza de tuberías y tanque de elaboración..... | 23 |
| 2.5.5. Tipo de acero inoxidable usado en tuberías y tanques en la planta de lácteos..... | 24 |
| 2.5.6. Elección de detergentes..... | 25 |
| 2.5.6.1. Detergente..... | 25 |
| 2.5.7. Clasificación de los detergentes..... | 26 |
| 2.5.7.1. Alcalinos..... | 26 |
| 2.5.7.2. Ácidos..... | 26 |
| 2.5.7.3. Hidróxido de sodio..... | 27 |
| 2.5.7.4. Acido nítrico..... | 27 |
| 2.5.8. Inhibidor de corrosión..... | 27 |
| 2.5.8.1. Corrosión..... | 27 |
| 2.5.8.2. Inhibidor de corrosión..... | 28 |
| 2.6. Fluidos..... | 28 |
| 2.6.1. Flujo estacionario..... | 28 |
| 2.6.2. Ecuación de continuidad..... | 29 |
| 2.6.3. Ecuación general de energía..... | 29 |
| 2.6.4. Viscosidad..... | 30 |
| 2.6.4.1. La viscosidad absoluta..... | 30 |
| 2.6.4.2. La Viscosidad Cinemática..... | 31 |
| 2.6.5. Flujo dinámico..... | 31 |
| 2.6.6. Pérdida de carga..... | 31 |
| 2.6.7. Pérdidas de carga por accesorios (h_L)..... | 31 |
| 2.6.8. Factor de fricción o coeficiente de resistencia de Darcy-Weisbach (f)..... | 32 |
| 2.6.9. Número de Reynolds..... | 32 |

| | |
|--|----|
| 2.6.10. Efecto mecánico en tanques..... | 33 |
| 2.6.11. Efecto mecánico en tuberías. | 34 |
| 2.6.12. Potencia de una bomba..... | 35 |
| 2.6.13. Control de concentraciones de soluciones de limpieza en sistema CIP. | 35 |
| CAPITULO III..... | 38 |
| 3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 38 |
| 3.1.1. Familiarización con el proceso de industrias lácteas..... | 38 |
| 3.1.2. Estudio y Evaluación del sistema CIP..... | 39 |
| 3.1.3. Recolección de la información..... | 40 |
| 3.1.4 Recopilación de información acerca de las bombas de suministro y retorno de soluciones de limpieza de la estación CIP..... | 41 |
| 3.1.5. Seguimiento de las líneas de tuberías de suministro y retorno de soluciones de limpieza de la estación CIP..... | 41 |
| 3.1.6. Contabilización de accesorios presentes en el sistema de tuberías..... | 41 |
| 3.1.7. Levantamiento de planos de tuberías y tanques de la estación CIP. | 41 |
| 3.1.8. Determinación de las pérdidas de presión y velocidades en líneas de tuberías. | 43 |
| 3.1.9. Control microbiológico del método CIP, durante la etapa de evaluación para tanque de elaboración..... | 43 |
| 3.1.10. Detección de fallas en los cumplimientos de los parámetros en el sistema CIP..... | 43 |
| 3.1.11. Propuesta de posibles soluciones para la corrección de fallas..... | 43 |
| CAPITULO IV..... | 45 |
| 4.1. RESULTADOS..... | 45 |
| 4.1.1. Acción mecánica..... | 45 |
| 4.1.2. Determinación del régimen del fluido a través de la tubería mediante el número de <i>Reynolds</i> | 45 |
| 4.1.2.1. Determinación régimen de fluido Tanques CIP a tanque MIX1 y retorno a CIP..... | 45 |
| 4.1.2.2. Determinación régimen de fluido Tanques CIP a tanque MIX2 y retorno a CIP..... | 46 |
| 4.1.2.3. Determinación régimen de fluido Tanques CIP a tanque MIX3 y retorno a CIP..... | 47 |
| 4.1.3. Contabilización de accesorios presentes en el sistema de tuberías..... | 48 |
| 4.1.4. Determinación de las pérdidas de presión y potencia teórica. (Se toma como referencia el agua)..... | 49 |
| 4.1.5. Determinación de volumen mínimo requerido y volumen útil requerido para el tanque CIP..... | 53 |
| 4.1.6. Tiempo de contacto y concentración de los agentes de limpieza en los tanques MIX1, MIX2 y MIX3..... | 54 |
| 4.1.7. Control de concentraciones de soluciones de limpieza usados en el sistema CIP..... | 57 |
| 4.1.8. Evaluación del costo de operación de limpieza C.I.P. en la planta de lácteos..... | 59 |
| 4.1.9. Control microbiológico del método CIP, durante la etapa de evaluación para62 | |

| | |
|--|----|
| tanques elaboración..... | 62 |
| 4.1.10. Detección de fallas en los cumplimientos de los parámetros en el sistema CIP..... | 65 |
| 4.1.11. Propuesta de posibles soluciones para la corrección de fallas..... | 70 |
| CAPITULO V | 74 |
| 5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 74 |
| 5.1.1. Conclusiones del Proyecto en Base a Objetivos..... | 74 |
| 5.1.1.1. Determinación y evaluación de los parámetros del sistema de operación de Limpieza CIP de tanques de preparación y tuberías en la planta de lácteos de la Empresa SOALPRO Srl..... | 74 |
| 5.1.1.2. Detección de posibles fallas en el cumplimiento de los parámetros de operación de limpieza CIP..... | 77 |
| 5.1.1.3. Proponer una mejora en la operación de limpieza CIP, mediante parámetros de trabajo obtenidos según la evaluación..... | 80 |
| 5.1.1.4. Estimar el costo actual de operación de limpieza C.I.P. | 81 |
| 5.1.1.5. Proponer una mejora en el costo de operación de limpieza CIP. | 81 |
| CAPITULO VI | 86 |
| 5.1. Bibliografía y anexos..... | 86 |
| 5.1.1. Bibliografía..... | 86 |
| 5.1.2. Bibliografía electrónica..... | 86 |
| 5.2. Anexos..... | 87 |
| 5.2. Anexos..... | 82 |

Índice de Figuras

CAPITULO I

| | |
|---|---|
| Figura 1. 1. Organigrama planta lácteos | 3 |
|---|---|

CAPITULO II

| | |
|---|----|
| Figura 2. 1. Origen de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA)..... | 8 |
| Figura 2. 2. Principios HACCP | 13 |
| Figura 2. 3. Criterios BPM..... | 13 |
| Figura 2. 4. Residuos incrustados | 18 |
| Figura 2. 5. Circulo de Sinner..... | 21 |
| Figura 2. 6. Tanque elaboración con aspersion tipo bola | 33 |
| Figura 2. 7. Grafica capa sub laminar | 34 |

CAPITULO III

| | |
|---|----|
| Figura 3. 1. Sala de elaboración planta lácteos..... | 39 |
| Figura 3. 2. Estación de Limpieza CIP | 40 |
| Figura 3. 3. Diagrama de flujo tanques CIP Planta lácteos empresa SOALPRO SRL. | 42 |
| Figura 3. 4. Diagrama de flujo de tanques de preparación | 42 |

CAPITULO IV

| | |
|--|----|
| Figura 4. 1. Tanque de elaboración MIX1 (2500 L) | 45 |
| Figura 4. 2. Tanque de elaboración MIX2 (5000 L) | 46 |
| Figura 4. 3. Tanque de elaboración MIX3 (5000 L) | 47 |
| Figura 4. 4. Esquema distribución de tuberías CIP - MIX1 - CIP | 50 |
| Figura 4. 5. Esquema distribución de tuberías CIP - MIX2 - CIP | 51 |
| Figura 4. 6. Esquema distribución de tuberías CIP - MIX3 - CIP | 52 |
| Figura 4. 7. Consumo mes de NaOH (Kg)..... | 60 |
| Figura 4. 8. Consumo mes de HNO3 (Kg)..... | 60 |
| Figura 4. 9. Costo Bs mes de NaOH Kg..... | 61 |
| Figura 4. 10. Costo Bs mes de HNO3 Kg..... | 61 |
| Figura 4. 11. Control microbiológico pared MIX1 | 62 |
| Figura 4. 12. Control microbiológico pared MIX2..... | 63 |
| Figura 4. 13. Control microbiológico pared MIX3..... | 64 |
| Figura 4. 14. Termómetro de control | 72 |

Índice de Tablas

CAPITULO II

| | |
|---|----|
| Tabla 2. 1. Numero de Reynolds óptimos de trabajo..... | 24 |
| Tabla 2. 2. Velocidad mínima de 1.5 m/s, velocidad recomendada 1.8 m/s y velocidad máxima 4 m/s | 35 |

CAPITULO III

| | |
|---|----|
| Tabla 3. 1. Ejemplo de tabla para accesorios..... | 41 |
| Tabla 3. 2. Ejemplo de tabla para datos de velocidades de las soluciones..... | 43 |
| Tabla 3. 3. Ejemplo de tabla para longitudes y diámetros | 43 |

CAPITULO IV

| | |
|--|----|
| Tabla 4. 1. Números de Reynolds y velocidades a tanque MIX1 (Cálculos anexos 10, 11, 12) | 46 |
| Tabla 4. 2. Números de Reynolds y velocidades a tanque MIX2 (Cálculos anexos 12, 13, 14) | 47 |
| Tabla 4. 3. Números de Reynolds y velocidades a tanque MIX3 (Cálculos anexos 14, 15, 16, 17) | 48 |
| Tabla 4. 4. Tabla para accesorios | 48 |
| Tabla 4. 5. Tabla para longitudes y Diámetros | 49 |
| Tabla 4. 6. Parámetros de trabajo mecánico para tanque MIX1 (Cálculos anexos 17, 18, 19) | 50 |
| Tabla 4. 7. Parámetros de trabajo mecánico para tanque MIX2 (Cálculos anexos 19, 20) | 51 |
| Tabla 4. 8. Parámetros de trabajo mecánico para tanque MIX3 (Cálculos anexos 20, 21, 22) | 52 |
| Tabla 4. 9. Esquema de limpieza CIP MIX1 | 54 |
| Tabla 4. 10. Esquema de limpieza CIP MIX2 | 55 |
| Tabla 4. 11. Esquema de limpieza CIP MIX3 | 56 |
| Tabla 4. 12. Concentración de soluciones para lavado MIX1 | 57 |
| Tabla 4. 13. Concentración de soluciones para lavado MIX2 | 58 |
| Tabla 4. 14. Concentración de soluciones para lavado MIX3 | 58 |
| Tabla 4. 15. Costo operación limpieza CIP tanques de elaboración (Cálculos anexo 24, 25) | 59 |
| Tabla 4. 16. Consumo de Soda y Acido por mes..... | 59 |
| Tabla 4. 17. Recuento de UFC/25 cm ² pared MIX1 | 62 |
| Tabla 4. 18. Recuento de UFC/25 cm ² pared MIX2 | 63 |
| Tabla 4. 19. Recuento de UFC/25 cm ² pared MIX3 | 64 |
| Tabla 4. 20. Parámetros referencia Acción mecánica | 65 |
| Tabla 4. 21. Parámetros tomados en planta Acción mecánica | 65 |
| Tabla 4. 22. Concentraciones norma y planta | 66 |
| Tabla 4. 23. Temperaturas planta y norma..... | 67 |
| Tabla 4. 24. Tiempo de limpieza CIP | 68 |
| Tabla 4. 25. Tiempo de operación limpieza CIP | 69 |
| Tabla 4. 26. Acción mecánica Parámetros máximos y mínimos | 70 |
| Tabla 4. 27. Norma ideal de concentración de trabajo..... | 71 |
| Tabla 4. 28. Tiempos recomendados de trabajo..... | 72 |

CAPITULO V

| | |
|--|----|
| Tabla 5. 1. Parámetros Determinados promedios para lavado tanque MIX1 | 74 |
| Tabla 5. 2. Parámetros Determinados promedios para lavado tanque MIX2 | 75 |
| Tabla 5. 3. Parámetros Determinados promedios para lavado tanque MIX3 | 75 |
| Tabla 5. 4. Parámetros máximos y mínimos Acción mecánica | 75 |
| Tabla 5. 5. Parámetros promedios Acción química, Temperatura y tiempo planta lácteos | 76 |

| | |
|---|----|
| Tabla 5. 6. Concentración, tiempo y temperatura. Parámetros norma recomendados..... | 77 |
| Tabla 5. 7. Caudales promedio de trabajo..... | 78 |
| Tabla 5. 8. Rango de concentraciones en (%) planta y norma | 78 |
| Tabla 5. 9. Temperatura pre enjuague planta y norma..... | 79 |
| Tabla 5. 10. Tiempo enjuague inicial, intermedio y final Planta y Norma | 79 |
| Tabla 5. 11. Costo de operación limpieza CIP por tanque y Total | 81 |
| Tabla 5. 12. Consumo mes de NaOH (Kg) Etapa evaluación y mejora..... | 82 |
| Tabla 5. 13. Consumo mes de HNO3 (Kg) Etapa evaluación y mejora..... | 82 |
| Tabla 5. 14. Costo mes de NaOH Etapa evaluación y mejora | 83 |
| Tabla 5. 15. Costo mes de HNO3 Etapa evaluación y mejora | 83 |

Índice Anexos

| | |
|--|-----|
| ANEXO 1 Sala de procesos y tanques de Elaboracion | 87 |
| ANEXO 2 Estacion de limpieza CIP | 88 |
| ANEXO 3 Caudales de envio y retorno MIX1 y MIX2 | 89 |
| ANEXO 4 Caudales de envio y retorno MIX3, Determinacion de viscosidad de HNO ₃ | 90 |
| ANEXO 5 Grafica para determinacion de viscosidad de NaOH..... | 91 |
| ANEXO 6 Propiedades fisicas del agua a 1 atm y dimensiones de tuberias de acero y hierro | 92 |
| ANEXO 7 Diagrama de Diametro de tuberias | 93 |
| ANEXO 8 Diagrama de moody | 94 |
| ANEXO 9 Registro control de limpieza CIP..... | 95 |
| ANEXO 10 Determinacion Reynold MIX1 envio y retorno | 96 |
| ANEXO 11 Determinacion REynold MIX1 envio y retorno | 97 |
| ANEXO 12 Determinacion Reynold MIX2 envio y retorno | 98 |
| ANEXO 13 Determinacion Reynold MIX2 envio y retorno | 99 |
| ANEXO 14 Determinacion Reynold MIX3 envio y retorno | 100 |
| ANEXO 15 Determinacion Reynold MIX3 envio y retorno | 101 |
| ANEXO 16 Determinacion Reynold MIX3 envio y retorno | 102 |
| ANEXO 17 Determinacion perdida de presion por friccion MIX1 | 103 |
| ANEXO 18 Determinacion perdida de presion por friccion MIX1 | 104 |
| ANEXO 19 Determinacion perdida de presion por friccion MIX2 | 105 |
| ANEXO 20 Determinacion perdida de presion por friccion MIX3 | 106 |
| ANEXO 21 Determinacion perdida de presion por friccion MIX3 | 107 |
| ANEXO 22 Determinacion concentracion solucion para limpieza MIX1 | 108 |
| ANEXO 23 Determinacion concentracion solucion para limpieza MIX2 y MIX3 | 109 |
| ANEXO 24 Determinacion costo de limpieza CIP tanques elaboracion | 110 |
| ANEXO 25 Determinacion costo de limpieza CIP tanques elaboracion | 111 |
| ANEXO 26 Costo de consumo de soda y acido | 112 |
| ANEXO 27 Temperaturas promedio y volumen gastado solucion de limpieza lavado MIX1 | 113 |
| ANEXO 28 Temperaturas promedio y volumen gastado solucion de limpieza lavado MIX2 | 114 |
| ANEXO 29 Temperaturas promedio y volumen gastado solucion de limpieza lavado MIX3 | 115 |
| ANEXO 30 Temperaturas de agua lavado y Densidades de NaOH, HNO ₃ | 116 |
| ANEXO 31 Equipos de proteccion personal para operario y laboratorio planta lacteos | 117 |
| ANEXO 32 Tabla de longitudes equivalentes para accesorios | 118 |
| ANEXO 33 Caudales en funcion a diametros, velocidades de trabajo y Composicion gas natural Boliviano | 119 |
| ANEXO 34 Ficha de seguridad NaOH..... | 120 |
| ANEXO 35 Ficha de seguridad HNO ₃ | 121 |
| ANEXO 36 Placas para recuento de levaduras y mesofilos | 122 |
| ANEXO 37 Certificado de ejecucion del Proyecto en SOALPRO SRI | 123 |

ABREVIATURAS

| | | |
|-------------------|-------|----------------------------------|
| s | ..... | Segundos |
| min | ..... | Minutos |
| h | ..... | Hora |
| mm | ..... | Milímetro |
| % | ..... | Porcentaje |
| lt. | ..... | Litro |
| kg | ..... | Kilogramo |
| g | ..... | Gramo |
| kg/m ³ | ..... | Kilogramo por metro cúbico |
| BPM | ..... | Buenas Prácticas de Manufactura |
| Pa | ..... | Pascal |
| ml | ..... | Mililitro |
| m/s | ..... | Metro por segundo |
| m ³ | ..... | Metro cúbico |
| m ³ /h | ..... | Metro cúbico por hora |
| m | ..... | Metro |
| C _a | ..... | Concentración de solución Acida |
| V _a | ..... | Volumen de solución de Acido |
| C _b | ..... | Concentración de solución Básica |
| V _b | ..... | Volumen de solución de Base |

SIMBOLOGÍA

| | | |
|------------------|-------|--|
| CIP | ..... | Clean in places (Circuito cerrado en el sitio) |
| NaOH | ..... | Hidróxido de sodio |
| HNO ₃ | ..... | Acido Nítrico |
| pH | ..... | Grado de acidez o alcalinidad de una solución |
| Q | ..... | Caudal |
| Re | ..... | Reynolds |
| t | ..... | Tiempo |
| V | ..... | Volumen |
| v | ..... | Velocidad lineal |
| ρ | ..... | Densidad |

| | |
|----------------|---------------------------------|
| A..... | Área |
| μ | Viscosidad dinámica absoluta |
| ν | Viscosidad cinemática |
| π | 3.1416 |
| De..... | Diámetro externo |
| Di..... | Diámetro interno |
| f | Coefficiente de fricción |
| L..... | Longitud |
| γ | Peso específico |
| w | Vatio |
| HP..... | Caballo fuerza |
| UFC..... | Unidades Formadoras de Colonias |

RESUMEN

Las rutinas de limpieza inadecuadas, en una industria de alimentos, pueden traer serias consecuencias al consumidor, ya que la probabilidad de contaminación del producto por contacto con sustancias extrañas es muy alto.

Un requisito primordial para la producción de alimentos de calidad, es que la planta de procesos esté estrictamente inocua. Como tanques, tuberías, intercambiadores de calor y todo equipo que entre en contacto con el alimento debe limpiarse inmediatamente luego del ciclo de producción.

Con el fin de mantener condiciones higiénicas en una industria de bebidas, como es el caso de SOALPRO Srl. Planta Lácteos, Se utiliza el sistema de limpieza CIP (Limpieza circuito cerrado en el sitio) en sus tanques de preparación; sin embargo no se hace el seguimiento de los parámetros que se usan en la limpieza de tanques obteniendo por ende resultados poco confiables.

El presente proyecto se realizó con el fin de determinar y evaluar dichos parámetros de limpieza en los tanques de preparación, para un control y mejora continúa del sistema de limpieza CIP de la planta de lácteos SOALPRO Srl. Y así garantizar la calidad del producto.

En este Proyecto se hizo hincapié en cuatro parámetros fundamentales para el sistema de limpieza CIP como son: acción mecánica, acción química, temperatura de soluciones de limpieza y tiempo de contacto de los agentes de limpieza.

Se tomo todas las variables de trabajo en planta, siguiendo la limpieza de cada tanque y observando cualquier irregularidad presente, registrando los valores para su evaluación.

Una vez determinado y registrado todas las variables de trabajo presentes en el sistema de limpieza CIP. Se procedió a evaluar cada uno de ellos, dando como resultado eficiencia regular y problemas de forma las cuales se puede solucionar de manera gradual.

Después evaluación y comparación con normas bibliográficas vigentes se hizo las propuestas de mejora de cada uno de los parámetros de trabajo y la capacitación del personal responsable del sistema de limpieza CIP.

Este Proyecto espera aportar un manual con base a la experiencia adquirida toda la importancia que implica el correcto uso de parámetros de un sistema de limpieza CIP para aquellas industrias donde necesiten una limpieza interna frecuente.



CAPITULO I

INTRODUCCION

FACULTAD DE TECNOLOGÍA



CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN.

Hoy en día, se ha presentado un incremento notable en el número de empresas dedicadas a la elaboración y procesamiento de alimentos; pero el verdadero problema radica en la calidad que éstas ofrecen a los consumidores. Para dar solución a esta cuestión, se formuló el sistema de Buenas Prácticas de Manufactura que establecen las bases fundamentales que garantizan que los alimentos producidos son inocuos, manteniendo a la población libre de las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA).

En Bolivia, el sistema de BPM ha sido adoptado inicialmente por las empresas con carácter voluntario, basados en las normas del IBNORCA, y establecido con carácter obligatorio por el Servicio Nacional de Seguridad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG) poco después de su creación el año 2000.

Uno de los programas más importantes; contemplado en las Buenas Prácticas de Manufactura es el de “Limpieza y Desinfección”, ya que de estos dos aspectos depende en gran medida la calidad higiénica de los alimentos procesados. Sin embargo, no basta con simplemente limpiar y desinfectar, hay que saber cómo hacerlo, cuando, con qué y quién debe realizar estos procesos.

Las estaciones de limpieza C.I.P. (Limpieza en el sitio), deben presentar un diseño adecuado para cumplir con todas las condiciones de limpieza establecidas y garantizar los estándares de higiene en la industria de alimentos líquidos.

Situaciones como velocidades bajas de los agentes de limpieza dentro de las tuberías pueden incidir en la disminución de la calidad de los productos elaborados, comprometiendo tiempo y dinero de la empresa.

Por esta razón mediante este proyecto de grado se realizara la determinación y evaluación de los parámetros del sistema de limpieza C.I.P. en tanques de elaboración de la planta de lácteos de SOALPRO Srl., para su mejora.

La evaluación de los parámetros de limpieza, incluye la actualización de los Procedimientos Operativos Estandarizados de saneado de tanques (POES) que describen la forma de cómo llevar a cabo dichos procesos, los productos a utilizar y las personas responsables; esto

involucra los equipos y utensilios. Incluye también los registros de control y verificación con sus respectivos formatos.

En estas industrias es muy importante la evaluación del sistema de limpieza C.I.P. de tanques de elaboración, puesto que una mala limpieza afectaría la calidad de los productos y la subsecuente elaboración de la bebida, ocasionando grandes pérdidas económicas.

1.2. Antecedentes de la Empresa.

SOALPRO S.R.L. actualmente reconocida como una de las principales industrias líderes en la producción de alimentos en Bolivia, nació como una pequeña empresa unipersonal con el nombre “Panadería San Gabriel” el 17 de septiembre de 1987 en la zona Villa Bolívar de El Alto.

En 1997 “Panadería San Gabriel” decide transformarse de una empresa unipersonal a una empresa de responsabilidad limitada, incorporando nuevos socios, nuevos capitales y nueva tecnología. La empresa se traslada a la propiedad donde actualmente se desarrolla, con 16.000 metros cuadrados de extensión.

En 1999, SOALPRO S.R.L. incursiona en la alimentación complementaria, en el Desayuno Escolar.

En 2004, la empresa amplía sus horizontes y decide incursionar en productos de soya

Actualmente, es generadora de más de 550 empleos directos y en épocas navideñas la mano de obra se incrementa de 100 a 150 personas.

En 2008 incursiona en productos lácteos y derivados. La empresa invierte en maquinaria de primera calidad para contar con un proceso aséptico de ultra alta temperatura UHT.

MAQUINARIA

La empresa con el pasar de los años se tecnificó y modernizó con plantas industrializadoras de alimentos de última generación, instaladas sobre un área de 18.000 metros cuadrados.

Cuenta con maquinaria para la elaboración de pan, bollería, repostería, galletería, leche de soya, lácteos y sus derivados.

1.2.1. Visión de la Empresa.

Ser reconocidos como líderes en la industria de alimentos, mediante la búsqueda permanente de la excelencia en nuestras acciones, otorgando valor para el cliente.

1.2.2. Misión de la Empresa.

Llegamos a nuestros clientes con productos alimenticios sanos, agradables y nutritivos. Practicamos una cultura de mejoramiento continuo con un compromiso con nuestros recursos humanos y la comunidad.

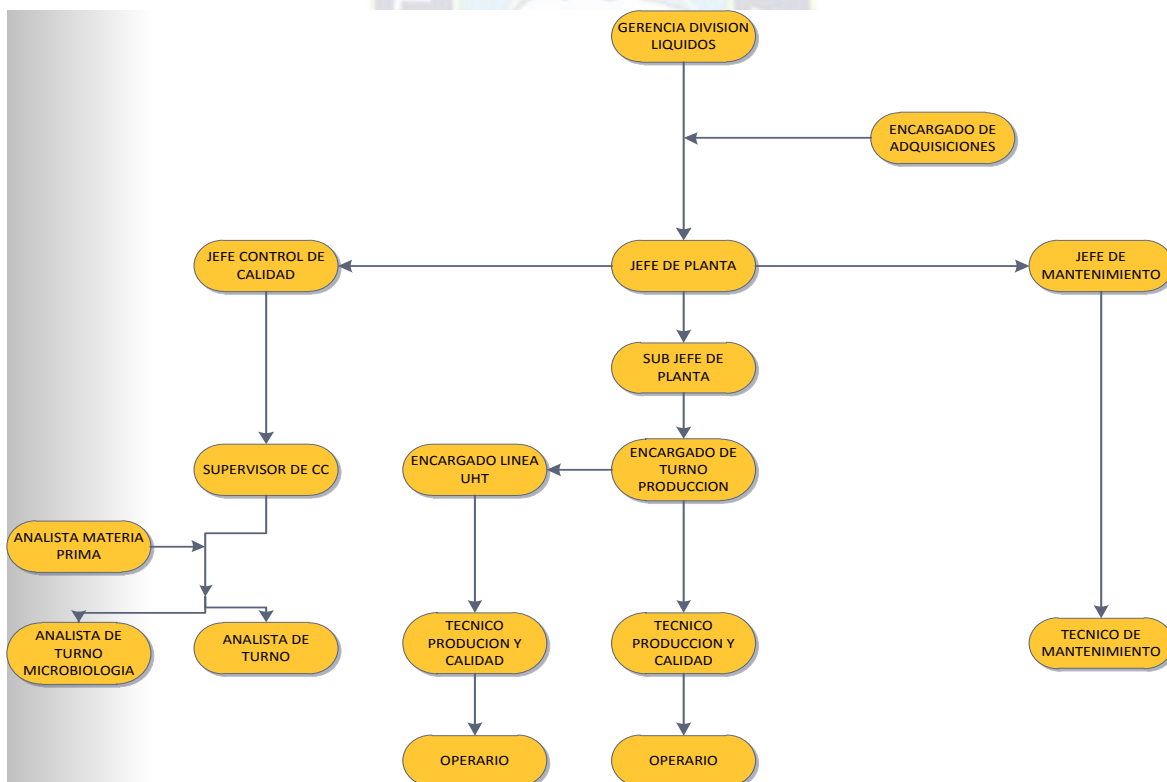
1.2.3. Razón social y ubicación.

Sociedad de alimentos procesados (Soalpro Srl)

Teléfonos: 2835720 – 2832636

1.2.4. Organigrama de la planta de lácteos Soalpro Srl.

Figura 1. 1. Organigrama planta lácteos



Fuente: Planta lácteos Soalpro Srl. (Donde se Trabajo y realizo el proyecto ver anexo 37)

1.3. Problemática.

El alto consumo de productos líquidos en el mercado local hace que el trabajo y los procesos para manufacturarlas en la planta de lácteos de la empresa SOALPRO Srl. sean críticos, por lo cual, se le da una importancia significativa a la inocuidad y calidad del proceso ya sea en la elaboración o limpieza.

Una mala limpieza o un mal proceso originan al producto:

- Mal sabor
- Sedimentos
- Olor desagradable
- Mal aspecto.

La razón más importante en el control y especificación de los sistemas de limpieza, es el de garantizar la producción de un alimentos seguro, a través de la limpieza y desinfección de la línea de producción donde intervienen los equipos con el producto.

1.3.1. Planteamiento del problema.

El no cumplimiento de normas y procedimientos de limpieza puede ocasionar serios efectos negativos para la planta de lácteos de la empresa SOALPRO Srl. en la aceptación del consumidor del producto en el mercado. El saneamiento deficiente puede llevar a problemas de gusto, discrepancias en la apariencia o deterioro del producto. Con una buena operación y normalización de los parámetros de trabajo del sistema de operación de limpieza C.I.P., se garantiza la sanitización de los equipos y tanques.

1.3.2. Formulación del problema.

El sistema de operación de limpieza C.I.P. actual no cuenta con parámetros mínimos y máximos de trabajo, ya que influye directamente con el costo operación de limpieza sin mencionar el impacto en los objetivos principales de limpieza C.I.P. que son: Uso necesario de recursos hídricos, químicos y tiempo de limpieza sin afectar producción y calidad de producto.

Con lo ya mencionado nos llevó a preguntar **¿Cuál será el efecto de la determinación y evaluación de parámetros de limpieza C.I.P. en tanques de preparación y tuberías de la planta de lácteos SOALPRO Srl. En el cumplimiento de normas vigentes?**

1.4. Justificación.

1.4.1. Justificación del Proyecto.

- La empresa SOALPRO Srl. cuenta con una planta de lácteos y derivados la cual tiene un sistema de limpieza CIP y que debido al incremento de producción y variedad de productos, evidencian la necesidad de hacer un reajuste en el sistema actual, adecuándolo a estas nuevas necesidades.
- El no cumplir con el sistema de limpieza y desinfección en una empresa, puede traer diferentes problemas en la inocuidad, preservación y calidad del producto.
- En cuanto a la rentabilidad económica, se han observado situaciones donde el producto sufre alteraciones, deterioro y cambios en el sabor o aspecto que reducen tiempo de vida útil y generan perdidas por devoluciones, aumento de gastos en la elaboración y procesos para remediar la situación. El sistema de limpieza y desinfección debe encontrarse en forma de registros escritos dentro de la empresa, con todas las especificaciones necesarias, así como la divulgación, monitoreo y verificación por los responsables de calidad, con el fin único de lograr su aplicación, y poder medir fácilmente la efectividad del mismo.

1.4.2. Justificación Académica.

Este Proyecto, brinda una excelente oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación profesional para integrar la teoría y la práctica tomando como materias base Operaciones unitarias I, Química analítica, procesos industriales, Control de calidad y así materializar lo aprendido y para generar soluciones en un ámbito que es de real relevancia en la industria.

1.4.2. Justificación Ambiental.

Desde el punto de vista ambiental, con este proyecto se espera ver el impacto del sistema de limpieza C.I.P. en los efluentes de la comunidad ya que se trabaja con reactivos corrosivos. Teniendo un uso correcto y optimo de los recursos hídricos y químicos.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo General.

Determinación y evaluación de los parámetros del sistema de operación de limpieza C.I.P. De tanques de preparación y tuberías en la planta de lácteos de la empresa SOALPRO Srl.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar el sistema de operación de limpieza C.I.P. en condiciones actuales en la planta de lácteos de la empresa SOALPRO Srl.
- Detección de posibles fallas en el cumplimiento de los parámetros de operación de limpieza CIP
- Proponer una mejora en la operación de limpieza C.I.P., mediante parámetros de trabajo obtenidos según la evaluación.
- Estimar el costo actual de operación de limpieza C.I.P.
- Proponer una mejora en el costo de operación de limpieza CIP





The logo of Universidad Mayor Pacensis Divi Anthonio is a circular emblem. The outer ring is blue with the text 'UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI ANTHONII' in white. Inside the ring, there is a sun with rays at the top, a landscape with a building and trees in the middle, and a green shield with a white cross and a red and white emblem at the bottom. The shield is surrounded by a green and yellow border.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

CAPÍTULO II

2.1. MARCO TEÓRICO.

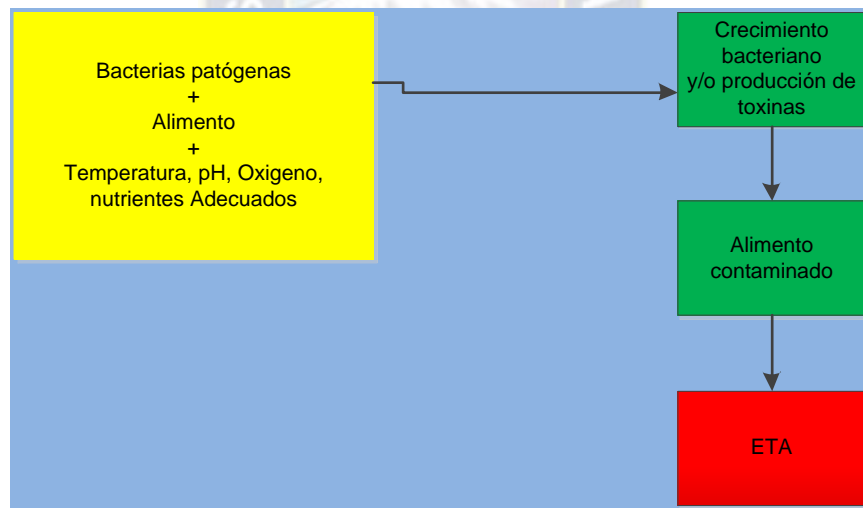
2.2. Aspectos generales de calidad.

El sector alimentario ha tenido un sin número de problemas de índole higiénico sanitario con consecuencias económicas para el productor y de salud para el consumidor, puesto que el alimento es susceptible de contaminarse de manera física y química, además de sufrir deterioro microbiano, causado por bacterias y otros microorganismos.

2.2.1. Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA).

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA, es la sigla como se la reconoce en los distintos ámbitos vinculados a la alimentación), son aquellas que se originan por el consumo de alimentos que contienen contaminantes en cantidades suficientes para afectar la salud del consumidor.

Figura 2. 1. Origen de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA)



Fuente: elaboración propia

2.2.2. Tipos de Enfermedades Transmitidas por Alimentos ETA.

Las enfermedades transmitidas por alimentos pueden manifestarse como:

a) Infecciones:

Son enfermedades que resultan de la ingestión de alimentos que contienen microorganismos vivos perjudiciales. Por ejemplo: salmonelosis, hepatitis viral de tipo A y toxoplasmosis.

b) Intoxicaciones:

Son las ETA producidas por la ingestión de toxinas formadas en tejidos de plantas o animales, o de los productos metabólicos de microorganismos en los alimentos, o por sustancias químicas que se incorporan a ellos de modo accidental, incidental o intencional desde su producción hasta su consumo. Ocurren cuando las toxinas o venenos de bacterias o mohos están presentes en el alimento ingerido. Estas toxinas generalmente no poseen olor o sabor y son capaces de causar enfermedades después que el microorganismo es eliminado.

c) Toxo-infecciones:

Es una enfermedad que resulta de la ingestión de alimentos con una cierta cantidad de microorganismos causantes de enfermedades, los cuales son capaces de producir o liberar toxinas una vez que son ingeridos. Ejemplo: cólera.

2.2.3. Microorganismos causantes de ETA.

Sean sólidos naturales, preparados o bebidas simples como el agua, los alimentos son transmisores o vehículos de los microorganismos contaminantes los cuales pueden originar enfermedades provocadas por patógenos, tales como bacterias, virus, hongos, parásitos o componentes químicos, que se encuentran en su interior.

a) Las bacterias:

Para producir una ETA, las bacterias deben estar presentes en grandes cantidades. Su presencia y multiplicación en los alimentos, así como la posibilidad de producir toxinas, depende del tipo de alimento y de la temperatura ambiente. Las bacterias causantes de ETA más comunes son:

- *Staphylococcus aureus*: Bacteria cocoide, capaz de producir enterotoxinas que resisten los procesos de cocción. Puede encontrarse en cualquier tipo de alimentos, aunque es más común en productos cocidos al horno y rellenos de crema pastelera, flanes, aves, carnes, productos cárnicos y ensaladas con huevo y carne.

- *Escherichia coli* O157:H7: Bacteria bacilar que puede encontrarse en carne cruda o mal cocida, leche mal pasteurizada, productos lácteos, embutidos, hortalizas que se consumen crudas, etc.
- *Salmonella sp*: Bacteria bacilar que se transmite fundamentalmente a través de los huevos crudos (mayonesa casera, etc.) o mal cocidos (huevos pasados por agua). Causa un amplio número de manifestaciones clínicas en los seres humanos como son fiebres entéricas, gastroenteritis, bacteriemia, infecciones localizadas, y estado de portador crónico. La enfermedad se presenta tanto en casos aislados como en brotes, que afectan a una familia o varios cientos y miles de personas de una población.
- *Bacillus cereus*: Bacteria bacilar que se ingiere con alimentos crudos o cocidos y produce una toxina resistente al calor. Se ha detectado en productos lácteos desecados, tales como leche en polvo.
- *Clostridium perfringens*: Bacteria bacilar que se encuentra en los alimentos ricos en proteínas, tales como carnes, pollos, empanadas, pasteles, etc. La enfermedad es el resultado de la ingesta de una gran dosis. (Lura. C. 2004).
- *Clostridium botulinum*: Bacteria bacilar que provoca una enfermedad neuro-paralítica grave que a menudo resulta fatal.
- *Listeria monocytogenes*: Bacteria bacilar que produce síntomas que pueden oscilar desde leves similares a los de la gripe hasta meningitis y meningo-encefalitis. Este organismo es especialmente peligroso para las mujeres embarazadas, ya que la infección puede provocar abortos, muerte intrauterina o partos prematuros. Para las personas con sistemas inmunes comprometidos, las infecciones pueden desembocar en enfermedades graves e incluso la muerte.

b) Hongos:

Los hongos constituyen otro de los grupos responsables de ETA. Este tipo de hongos está ampliamente distribuido en el medio ambiente y puede encontrarse en una gran variedad de alimentos, especialmente vegetales, cereales y oleaginosas. Algunos, comúnmente denominados mohos, bajo determinadas condiciones, son capaces de producir micotoxinas. Las micotoxinas son sustancias tóxicas capaces de generar síntomas de intoxicación como vómito, fiebre y dolor abdominal. Las micotoxicosis que originan, provocan efectos negativos agudos y/o crónicos sobre la salud de los animales y los seres humanos. Se contagian a partir del consumo de un alimento directamente contaminado, o de

manera secundaria-cuando se ingieren residuos de micotoxinas presentes en carnes, vísceras, huevos o leche. Otro tipo de hongos, al ser ingeridos, pueden producir cuadros de intoxicación aguda que pueden ser muy graves: el hongo más conocido es Amanita phalloides.

c) Parásitos:

Los parásitos como Giardia lamblia y Cryptosporidium sp son reconocidos como los principales responsables de los brotes transmitidos por el agua de bebida; aunque otros como Entamoeba histolytica ha sido también descrita en alimentos. La carne cruda o poco cocida constituye una fuente importante de contagio con oxoplasma gondii.

d) Virus:

Los agentes virales más comúnmente involucrados con las ETA son los virus de las hepatitis A y E, rotavirus, adenovirus y calicivirus. Su presencia en los alimentos o el agua de bebida, se debe a la contaminación directa o indirecta con heces de personas infectadas que los excretan por la vía digestiva.

2.2.4. Factores que influyen en el crecimiento microbiano.

Temperatura.

La temperatura afecta a los microorganismos en dos sentidos: Afecta la velocidad de crecimiento, por medio de la actividad enzimática. Las velocidades de las reacciones aumentan a medida que aumenta la temperatura, hasta llegar a un tope por encima del cual las velocidades disminuyen bruscamente. Las temperaturas altas desnaturalizan las proteínas, rompiendo su estructura tridimensional, cuando sucede esto, las células deja de funcionar. Cada grupo microbiano crece dentro un cierto rango de temperatura. En base a este criterio, los microorganismos se clasifican en psicrófilos, mesófilos y termófilos.

pH.

La velocidad de crecimiento de los microorganismos, es afectada por el pH, que influye en la configuración espacial final que tienen las proteínas y enzimas. Una alteración en la configuración espacial, produce una pérdida de actividad enzimática. La dependencia de la velocidad específica de crecimiento con el pH es similar al caso anterior. Como regla general, el pH óptimo para bacterias está en el rango de 6 a 7.5, el de levaduras entre 3.5 y 5.5, al igual que la mayoría de los hongos.

Actividad del agua.

Todos los microorganismos requiere agua para su crecimiento, pero no para mantener la vida. El agua es un solvente esencial para llevar a cabo las reacciones bioquímicas. Por ello, la disponibilidad del agua tiene influencia marcada en la velocidad de crecimiento de los microorganismos. Al aumentar la concentración de solutos, no solo afecta la disminución de la actividad de agua, sino también el aumento de la presión osmótica.

Presión osmótica.

En soluciones hipertónicas, las células se contraen y se deshidratan, a este fenómeno se le conoce como plasmólisis o sea que el agua pasa de la región menos concentrada de sales (interior de la célula), a la región más concentrada de sales (solución que rodea a la célula). En soluciones hipotónicas, ocurre lo contrario; es decir la célula se hincha debido al ingreso de agua. A este fenómeno, se le llama plasmófisis.

Medio de cultivo.

Todos los microorganismos necesitan para su crecimiento de una fuente de carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, fósforo, azufre y algunos otros elementos más.

2.2.5. Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC)

Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP).

Es un proceso sistemático preventivo para garantizar la inocuidad alimentaria, de forma lógica y objetiva. Es de aplicación en industria alimentaria aunque también se aplica en la industria farmacéutica, cosmética y en todo tipo de industrias que fabriquen materiales en contacto con los alimentos. En él se identifican, evalúan y previenen todos los riesgos de contaminación de los productos a nivel físico, químico y biológico a lo largo de todos los procesos de la cadena de suministro, estableciendo medidas preventivas y correctivas para su control tendiente a asegurar la inocuidad.

El APPCC nace con el objetivo de desarrollar sistemas que proporcionen un alto nivel de garantías sobre la seguridad de los alimentos y de sustituir los sistemas de control de calidad de la época pasada, basados en el estudio del producto final que no aportaba demasiada seguridad. Los prerrequisitos son de cumplimiento obligatorio. Se enumeran a continuación los diversos tópicos que están comprendidos dentro de los prerrequisitos, cada uno de éstos debe encontrarse efectivamente desarrollados en cada establecimiento.

Figura 2. 2. Principios HACCP

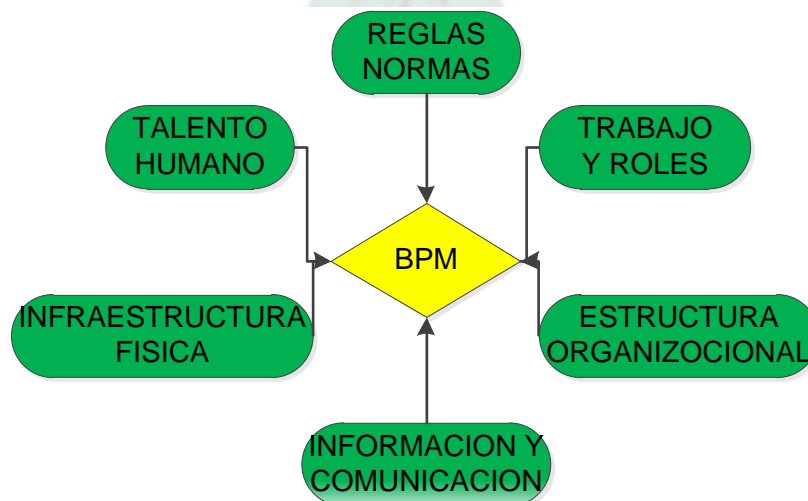


Fuente: Wikipedia

2.2.6. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Las Buenas prácticas de manufactura son un conjunto de criterios, guías y normas que conducen a prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos para consumo humano, con el objeto de garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas, disminuyan los riesgos inherentes a la producción y mejorar la eficiencia y el rendimiento.

Figura 2. 3. Criterios BPM



Fuente: Wikipedia

2.2.7. Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES).

Una manera segura y eficiente de llevar a cabo un programa de higiene en un establecimiento es a través de los Procedimientos Operaciones Estandarizados de Saneamiento (POES) que, junto con las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), establecen las bases fundamentales para el aseguramiento de la inocuidad de los alimentos que allí se elaboran.

Los POES son prácticas y procedimientos de saneamiento escritos que un establecimiento elaborador de alimentos debe desarrollar e implementar para prevenir la contaminación directa o la adulteración de los que allí se producen, elaboran, fraccionan y/o comercializan.

Los POES definen claramente los pasos a seguir para asegurar el cumplimiento de los requisitos de limpieza y desinfección.

2.3. Principios fundamentales de higiene y saneamiento.

La responsabilidad primordial del grupo parte de la cadena de producción consiste en garantizar que su producto esté libre de cualquier tipo de contaminación que constituiría un riesgo para la salud del consumidor. El producto deberá prepararse en las mejores condiciones de sanidad e higiene posibles.

Cualquier problema producido por falta de higiene o limpieza puede traer serias consecuencias en la aceptación del producto en el mercado. Un saneamiento deficiente puede implicar problemas de sabores y discrepancias en la apariencia, tales como la formación de anillos en el cuello de la botella, sedimento o alguna otra forma de alteración de la misma.

El único medio de evitar problemas debidos a la falta de higiene es tener la planta de producción, su equipo y los ingredientes que componen el producto, en estado sanitario como sea posible.

2.3.1. Conceptos de limpieza y desinfección.

Los procedimientos de limpieza y desinfección deben satisfacer las necesidades particulares del proceso y de cualquier elemento que entre en contacto con el producto.

Por otro lado, la limpieza y desinfección tienen las siguientes importantes consecuencias para los establecimientos alimentarios:

- *Legales*: si sacan al mercado alimentos lesivos para la salud.
- *Económicas*: al producirse pérdidas de alimentos mal conservados.
- *Técnicas*: cuando la existencia de superficies sucias no garantiza la elaboración de productos en buen estado.

2.3.1.1. Limpieza.

En las industrias de procesamiento de alimentos, la limpieza es el tratamiento que se da a todas las superficies después de cada periodo de uso. Una vez realizada la limpieza, se lleva a cabo la desinfección.

Como definición, la limpieza es la acción de arrastre, la cual es ejercida por un agente detergente constituido por uno o varios componentes de acción tensoactiva; a su vez, es la eliminación de residuos de alimentos, de la suciedad visible adherida a una superficie y de la materia orgánica.

La limpieza tiene como propósitos:

- a) Eliminar la suciedad y los residuos para evitar el desarrollo de microorganismos y plagas.
- b) Reducir los riesgos de contaminación cruzada.
- c) Remover una buena proporción de microorganismos de las superficies.
- d) Preparar las superficies para la desinfección.
- e) Retirar la materia extraña que pueda afectar la calidad de los productos durante futuros procesos.
- f) Prevenir el deterioro de los equipos y utensilios, por eliminación de residuos que puedan causar corrosión, picaduras, grietas y otros.
- g) Evitar la generación de malos olores.

2.3.1.2. Productos químicos empleados en la limpieza.

Un detergente es una sustancia o mezcla de sustancias que aplicada en determinadas condiciones es capaz de eliminar la suciedad de la superficie que se desea limpiar. En un proceso de limpieza se deben distinguir tres fases claramente distintas:

- a) Separación de la suciedad de la superficie a limpiar.
- b) Dispersión de la suciedad en la solución detergente.
- c) Estabilización de la dispersión de la suciedad dentro de la solución detergente.

2.3.1.3. Desinfección.

Se denomina **desinfección** a un proceso físico o químico que mata o inactiva agentes patógenos tales como bacterias, virus y protozoos impidiendo el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa que se encuentren en objetos inertes.

Los desinfectantes reducen los organismos nocivos a un nivel que no dañan la salud ni la calidad de los bienes perecederos. Algunos, como los compuestos fenólicos, pueden actuar también como antisépticos.

Los desinfectantes se aplican sobre objetos inanimados, como instrumentos y superficies, para tratar y prevenir las infecciones. Entre los desinfectantes químicos del agua más habituales se encuentran el cloro, las cloraminas, el ozono. La desinfección del agua también puede ser física cuando se emplea la ebullición, la filtración y la irradiación ultravioleta. Se deben distinguir los desinfectantes de los sanitizantes que son sustancias que reducen el número de microorganismos a un nivel seguro.

La desinfección se usa comúnmente en todas las operaciones de procesado de alimentos. Cualquier método usado para procesar o almacenar alimentos debe primero ser limpiado y entonces desinfectado.

La desinfección es la destrucción de todas las formas vegetativas de microorganismos patógenos y no patógenos. Se puede considerar una reducción total de la carga microbiana en un 99.9% de la población inicial.

2.3.1.4. Desinfectante.

La palabra desinfectante se utiliza para designar a aquellos productos o elementos naturales que sirven para desinfectar, limpiar, evitar la presencia de bacterias, virus y otro tipo de microorganismos peligrosos para la salud. Dependiendo del tipo de producto o elemento del que se hable, podemos estar haciendo referencia a mayor o menor agresividad, mayor o menor peligrosidad para el ser humano, mayor o menor poder de efectividad, duración, etc.

2.3.1.5. Propiedades de los desinfectantes.

- No tóxico para el hombre o animales
- Alta penetrabilidad
- Estabilidad (tiempo de almacenamiento)
- Solubilidad (agua)
- Compatibilidad con detergentes (Sinergismo)

- Inoloro
- No corrosivo
- No desprender calor
- Rápida acción
- No ser inflamable, irritante, ni producir manchas, ni olores.
- Fácil de eliminar
- Económico.
- Actuar en un tiempo relativamente corto

2.4. Incrustaciones en la industria láctea.

Los depósitos de leche que se encuentran en las superficies calentadas de las tuberías y equipos consisten principalmente de proteínas, minerales y grasas.

Los residuos grasos son eliminados por la acción de los álcalis, detergentes y temperatura, por lo cual no constituyen un problema serio en la limpieza de las tuberías y tanques. Estos residuos se eliminan normalmente por pasaje de una solución con soda caustica al 2%. **Los residuos grasos pueden constituir un problema en las secciones de las tuberías y tanques, en donde la temperatura es menor.**

En la limpieza de tuberías los residuos más difíciles de remover son los provocados por la precipitación de proteínas y minerales.

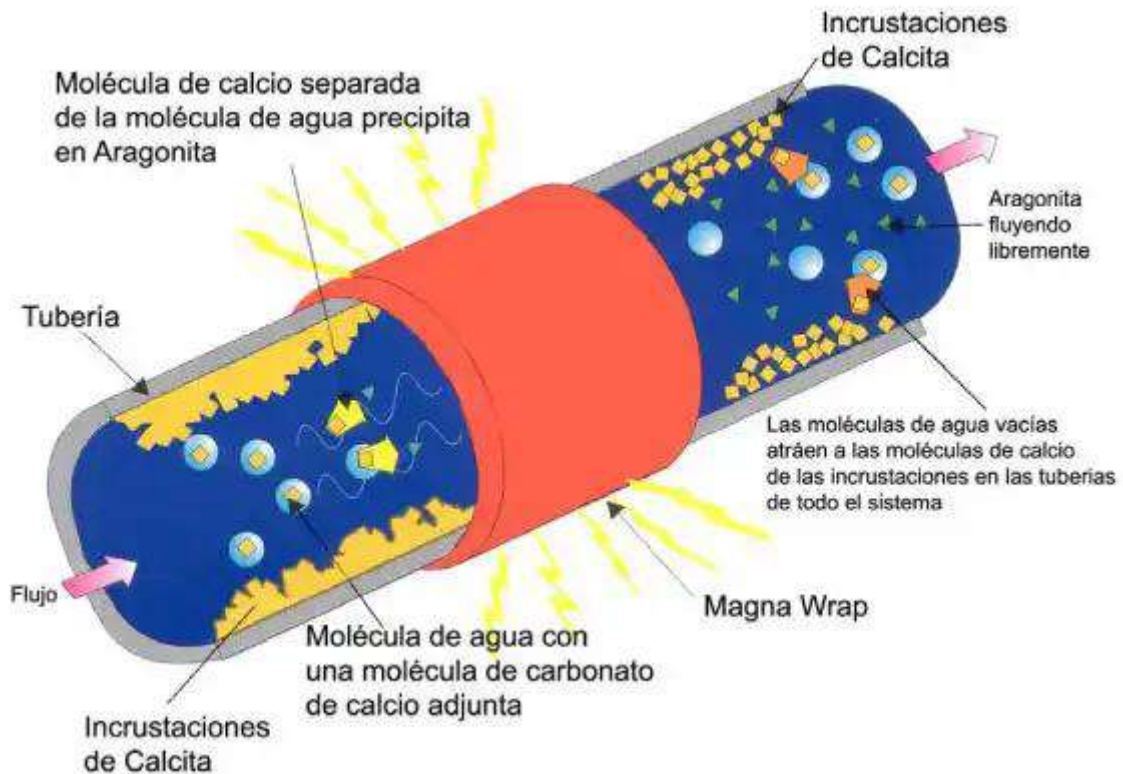
Los residuos que quedan adheridos al interior de la tubería, una vez, hecha una limpieza con soda caustica al 2%, corresponden a proteínas con un 25%P/P, calcio 20%P/P. La resistencia a la remoción de las proteínas se atribuye a que las mismas se encuentran asociadas a los depósitos minerales por medio de fuerzas de enlace fisicoquímicas.

Por medio de análisis espectrofotométrico se ha determinado la presencia de fosforo, lo cual indica que los depósitos minerales corresponden a fosfato tricalcico (piedra de leche), $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, hecho confirmado por la relación molar 1.5 encontrada, journal of the society of dairy technology, Vol. 41, No. 1(1988).

2.4.1 Incrustación.

Capa de residuos minerales que se forma en la superficie de algunos cuerpos.

Figura 2. 4. Residuos incrustados



TEORIA MOLECULAR DEL MAGNA WRAP

FUENTE: www.ionozone.cl

2.5. Métodos de limpieza usados en la industria láctea.

Todas las empresas del sector alimentario establecen rigurosos programas de limpieza y desinfección. La industria láctea no es la excepción y con especial cuidado por la naturaleza de producto que se maneja; el cual es altamente perecedero y susceptible de contaminación. En ese sentido, el tiempo invertido a las labores de limpieza y desinfección de la planta ocupan casi un cuarto del tiempo hábil total.

Los procedimientos de limpieza y desinfección en las plantas deben seleccionarse dependiendo el área de trabajo y los equipos que se tengan en la planta. En ese sentido, se tiene que en las plantas hay sitios en donde la suciedad es fácilmente acumulable o de difícil acceso como esquinas, rincones, tanques abiertos pero de gran dimensión, equipos desarmables como la descremadora, tuberías, uniones, codos, abrazaderas y circuitos cerrados como el sistema de pasteurización de la leche. Desde lo anterior, es importante seleccionar los agentes de limpieza y desinfección según sea el caso como los

procedimientos de limpieza y desinfección establecidos en los POES (Procedimientos estandarizados de sanitización); los cuales son diseñados de manera que atiendan las necesidades de cada planta de proceso.

Los materiales que se tienen en la planta son de diversos tipos pero en especial el que predomina es el acero inoxidable; sin descartar el vidrio, plástico, goma y caucho. Es así que cada uno de estos materiales actúa diferente frente a los agentes de limpieza y desinfección. Al respecto, el vidrio, plástico, goma pueden ser afectados por los productos químicos y no resistir altas temperaturas. Los metales en cambio, son resistentes a los químicos y a las altas temperaturas; pero, en algunas ocasiones pueden ser atacados por la corrosión. En ese sentido, los metales a excepción del acero inoxidable son bastante susceptibles de sufrir corrosión cuando entran en contacto con ácidos o bases fuertes.

Los procedimientos de limpieza y desinfección pueden hacerse a través de métodos físicos o químicos. Los físicos son los que emplean utensilios de limpieza como cepillos, escobas, churruscos etc. y vapor ó agua a temperaturas de mínimo 80 °C como mecanismo de desinfección. El vapor es el más utilizado en la industria láctea. Uno de los usos es la vaporización de las cantinas en donde se sirve el yogurt una vez que se ha inoculado el cultivo y se va a incubar en cantinas (en pequeñas empresas en donde se procesan 500lt de yogur se utiliza este tipo de incubación). El agua caliente suele vaciarse en las mesas de trabajo antes del moldeo de quesos aunque este sistema ya no es utilizado rutinariamente por su costo y por el riesgo de contaminación del agua si no se ha almacenado adecuadamente. En ese caso podría ocasionar una contaminación cruzada. Los métodos químicos utilizan agentes de limpieza y desinfección debidamente autorizadas y con las indicaciones de concentración porcentual para su uso.

2.5.1. Método de limpieza C.I.P. (circuito Cerrado en el sitio).

El sector alimentario ha tenido un sin número de problemas de índole higiénico sanitario con consecuencias económicas para el productor y de salud para el consumidor, puesto que el alimento es susceptible de contaminarse de manera física y química, además de sufrir deterioro microbiano.

El concepto de limpieza de una instalación sin desmontar ningún equipo ni tubería se resume en **limpieza CIP “Cleaning In Place”**, que se puede traducir por **“Limpieza In Situ”**.

La limpieza se lleva a cabo mediante la circulación de agua y disoluciones de productos químicos calientes a través del equipo o tubería que trabaja en contacto con los productos. Su acción física, química y bacteriológica elimina la suciedad y los microorganismos de las superficies. El proceso de limpieza comprende tres estados:

- limpieza, eliminación de suciedad
- desinfección, reducción del número de bacterias residual en los depósitos y superficies pulidas
- esterilización, eliminación de todas las bacterias

Para eliminar elementos potencialmente contaminantes no basta con aplicar métodos de limpieza convencionales, por el contrario, se necesita implementar un sistema capaz de vencer las fuerzas de unión tanto entre las impurezas y las superficies impregnadas como la de las sustancias entre sí.

La efectividad de la limpieza viene determinada por cinco factores significativos:

- tiempo de duración del ciclo de limpieza
- agente de limpieza, productos químicos o combinación de ellos y la concentración de sus disoluciones
- temperatura elevada proporciona limpiezas más rápidas (continúa siguiente pág.)
- velocidad/caudal de paso de la disolución de limpieza a través de la tubería o equipo a limpiar
- frecuencia entre ciclos de limpieza.

Un correcto estudio de la ingeniería de diseño permite evaluar el tipo de sistema y diseñar la combinación apropiada de los factores arriba mencionados. Es totalmente necesario que las soluciones de limpieza pasen por toda la superficie de los equipos de la instalación que están en contacto con el producto, y por tanto, no deben existir recovecos ni bolsillos que resulten inaccesibles.

La función de la unidad de limpieza CIP es la de preparar las soluciones de limpieza en la concentración y temperatura adecuadas y programar los distintos ciclos necesarios para la limpieza de todos los elementos de la planta controlando variables como temperatura, caudal

y/o presión. Además, debe funcionar de una manera ordenada, minimizando el consumo energético, y con versatilidad en los programas de limpieza.

2.5.2. Variables de Sinner.

El objetivo de las técnicas profesionales de limpieza es limpiar lo máximo posible, en el menor tiempo y al menor coste, con la mayor comodidad para el usuario y el mínimo daño al medio ambiente.

La limpieza requiere por lo menos de cuatro factores básicos, que conforman el llamado círculo de Sinner y que son:

La acción química, La acción mecánica, La temperatura Y el tiempo.

Según la superficie o suciedad a limpiar, el grado de higiene y los medios de que se dispongan se emplearán combinaciones distintas de estos factores.

Utilizando productos y técnicas modernas de limpieza se puede mejorar el grado de limpieza consiguiendo reducir el tiempo sin aumentar los recursos de la acción química, mecánica o de la temperatura.

Estos factores son variables. Si uno de ellos disminuye debe estar compensado con uno o varios de los restantes para poder mantener una buena calidad final. Se representan por el llamado “Círculo de Sinner”.

Cada superficie, cada mancha requiere hacer un uso correcto de estos factores y resulta vital en la limpieza profesional moderna el conocimiento profundo de estos factores para eliminar de forma correcta, en el menor tiempo posible y sin dañar las superficies.

Figura 2. 5. Círculo de Sinner



FUENTE: <http://emona.com.ar/la-limpieza-perfecta-el-circulo-de-sinner/>

2.5.2.1. Acción mecánica.

Es el proceso de eliminación de la suciedad, y puede ser manual (el brazo de una persona frotando) o mecánica (el movimiento de los cepillos de una fregadora).

La maquinaria de limpieza ayuda a mejorar la calidad de servicio y a cortar el tiempo de la limpieza, porque produce una presión constante y uniforme, además de facilitar la labor al trabajador. Por eso los profesionales del sector, debemos estar bien formados para ser más productivos y saber tratar cada superficie correctamente evitando su deterioro.

2.5.2.2. Acción química.

Son los productos de limpieza que se utilizarán en función del tipo de suciedad que vayamos a tratar.

Hoy en día, en el mercado hay una gran variedad de productos que podemos emplear, hay gamas para todos los tipos de suciedad, y hay muchos que son ecológicos. En su utilización, es muy importante respetar las normas que nos dan los fabricantes sobre seguridad y dosificación, de este modo siempre conseguiremos una limpieza óptima.

2.5.2.3. Tiempo.

Este factor está relacionado directamente con el tipo de producto que utilicemos y la máquina que vamos a usar. La maquinaria de limpieza está pensada para actuar con rapidez, reduciendo el tiempo de acción del producto.

Aunque las reacciones químicas necesitan un cierto tiempo para cumplir su función de manera satisfactoria, si la maquinaria y el producto que empleamos son correctos, reduciremos considerablemente las horas de realización, es decir, los costos de personal.

2.5.4.4. Temperatura.

La temperatura ayuda a quitar la suciedad de origen graso y en general facilita las labores de limpieza, aunque hay materiales que no soportan altas temperaturas.

La temperatura la podemos obtener a través del agua, o por la fricción de la maquinaria que empleemos.

2.5.3. Los programas de lavado.

Dependerán del producto, sistemas y exigencias de sanitización. Las variables de proceso son el tipo y concentración de agente de limpieza, temperatura y tiempo.

Para el lavado de tanques un ciclo de lavado será:

- Pre enjuague, frío o caliente, por 5 minutos con ciclos de 30 segundos de operación y parada.
- Soda caliente 70°C -75°C por 10 minutos con ciclos de 2 minutos de operación y parada.
- Enjuague, igual a pre enjuague.
- Acido nítrico 60°C- 65°C por 10 minutos con ciclos de 30 segundos de operación y parada.
- Enjuague final por 15 minutos con ciclos de 30 segundos de operación y parada.
En el último ciclo de enjuague final se puede inyectar a línea tipo de agente sanitizante como el acido per acético.

2.5.4. Limpieza de tuberías y tanque de elaboración.

El sistema de limpieza de la planta de lácteos incorpora tuberías y sistemas cerrados por donde circulan alimentos o ingredientes. Para lograr una limpieza efectiva se hace circular por los equipos e instalaciones durante un tiempo determinado y con un caudal turbulento. Esta turbulencia sólo asegura la efectividad de la limpieza se presenta el llamado **número de Reynolds** en una franja de valores adecuada.

De las experiencias de Osborn-Reynolds el reparto de velocidades en una tubería es función de:

D = diámetro de tubería

Q = caudal

μ = viscosidad dinámica

ρ = densidad del fluido

Estas cuatro variables definen un número adimensional, el número de Reynolds:

$$Re = \frac{4Q\rho}{\mu\pi D} \dots\dots\dots (Ec. 1)$$

Por tanto, los fluidos utilizados para las operaciones de limpieza deben circular en régimen turbulento. **El óptimo resultado es logrado alcanzando velocidades en tubería de 1,5 a 3,0 m/s. En la Tabla 2.1 se muestran las condiciones de limpieza para distintos diámetros de tuberías.**

Tabla 2. 1. Numero de Reynolds óptimos de trabajo

| DN (mm) (pulg.) | V (m/s) | Re | Q (m ³ /h) |
|-----------------|---------|-------------------|-----------------------|
| 25 (1) | 2,8 | $7,3 \cdot 10^4$ | 5,4 |
| 40 (1.5) | 2,0 | $8,0 \cdot 10^4$ | 9,0 |
| 50 (2) | 1,7 | $8,5 \cdot 10^4$ | 12,0 |
| 65 (2.5) | 1,48 | $9,8 \cdot 10^4$ | 18,2 |
| 80 (3) | 1,36 | $11,0 \cdot 10^4$ | 25,2 |
| 100 (4) | 1,34 | $13,4 \cdot 10^4$ | 37,9 |

FUENTE: http://www.edelflex.com/sites/default/files/articulo_edelflex_cip.pdf

Para alcanzar la limpieza deseada en sistemas de tuberías se deben tomar muy en cuenta los parámetros dados en la tabla 2.1 y seguir algunas indicaciones de interés como:

- Diámetros constantes en tuberías y uniones
- No existencia de puntos muertos
- Velocidad del fluido uniforme
- Las tuberías deben ser capaces de drenar su contenido por gravedad (pendiente hacia drenaje)
- Prevención de resquicios

También es importante que la instalación esté realizada de manera adecuada.

Las cuatro formas higiénicas de unir tuberías más comúnmente usadas son:

- Unión clamp
- Unión DIN (unión doble) y otras uniones con rosca sanitaria
- Unión con bridas higiénicas
- Unión soldada

Con estas indicaciones se trabaja en la evaluación e implementación de sistema de limpieza C.I.P. en la planta de lácteos.

2.5.5. Tipo de acero inoxidable usado en tuberías y tanques en la planta de lácteos.

Austeníticos de las series:

304 (fig. a).- Tiene propiedades adecuadas para gran cantidad de aplicaciones. Se recomienda para construcciones ligeras soldadas que requieran buena resistencia a la corrosión. Tiene buen desempeño en temperaturas elevadas (800 a 900° C) y buenas

propiedades mecánicas. Es recomendable cuando se requiera soldar altos espesores de material. Algunas aplicaciones son equipo químico de proceso, accesorios para aviones, remaches, equipo para hospitales, etc.

Fig. a Composición química de aleación acero inoxidable serie 304

| 304 |
|---------------|
| C% 0,08 Máx. |
| Mn% 2,00 Máx. |
| Si% 1,00 Máx. |
| Cr% 18,002000 |
| Ni% 8,001050 |

FUENTE: data.irestal.com/files/files/2012030204152933979.pdf

316 (fig. b).- Resistente a la corrosión frente a diversos químicos agresivos, ácidos y atmósfera salina. Se utiliza para adornos arquitectónicos, equipo para el procesamiento de alimentos, farmacéutico, fotográfico, textil, etc.

Fig. b Composición química de aleación acero inoxidable serie 316

| 316 |
|---------------|
| C% 0,08 Máx. |
| Mn% 2,00 Máx. |
| Si% 1,00 Máx. |
| Cr% 16,001800 |
| Ni% 10,001400 |
| Mo% 2,0250 |

FUENTE: data.irestal.com/files/files/2012030204152933979.pdf

2.5.6. Elección de detergentes.

2.5.6.1. Detergente.

El detergente es una sustancia que tiene la propiedad química de disolver la suciedad o las impurezas de un objeto sin necesidad de tallar. La mayoría de los detergentes son compuestos de sodio.

Los detergentes deben tener capacidad humectante y poder para eliminar la suciedad de las superficies, así como mantener los residuos en suspensión. Asimismo, deben tener buenas

propiedades de enjuague, de suerte que se eliminen fácilmente del equipo los residuos de suciedad y detergente. Existen muchos tipos de detergentes, por lo que se recomienda informarse al respecto, con el fin de asegurarse de que el detergente se utilice en cualquier circunstancia sea adecuado para eliminar el tipo de suciedad resultante de una determinada elaboración de productos, y que se apliquen en la concentración y temperaturas correctas.

El detergente ideal debe tener las siguientes propiedades:

- Inodoro
- Biodegradable
- Económico
- Soluble en agua
- No corrosivo
- Estable durante el almacenamiento
- Fácil de dosificar

2.5.7. Clasificación de los detergentes.

Los detergentes se clasifican según sus propiedades químicas en:

2.5.7.1. Alcalinos.

Son usados para retirar la suciedad orgánica como grasas, aceites, proteínas y carbohidratos. Estos actúan por emulsificación y saponificación. Pueden ser cáusticos o no cáusticos.

Los más conocidos son: hidróxido de sodio o sosa caustica (NaOH) es altamente alcalino, muy soluble en agua, bactericida, económico, usado para retirar suciedades fuertes, puede ser usado en acero inoxidable con una concentración desde 0.2% al 2%.

Carbonato de sodio (Na_2CO_3) también conocido como ceniza de soda, usado para disolver incrustaciones orgánicas y mugre en general, económico, medianamente alcalino.

2.5.7.2. Ácidos.

Se usan para quitar la suciedad inorgánica como las películas minerales de calcio, magnesio, hierro, eliminan incrustaciones. Son muy corrosivos por lo que se deben emplearse con un inhibidor de corrosión, pueden ser ácidos orgánicos son ácidos suaves para la limpieza manual, tiene poder bactericida entre estos se encuentran el ácido acético, cítrico y tartárico.

O inorgánicos que son usados para grandes incrustaciones, dentro de esto se encuentra el ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico y el ácido nítrico con concentraciones desde 0,5% y 2%.

2.5.7.3. Hidróxido de sodio.

El hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido sódico o hidrato de sodio, también conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria. A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe la humedad del aire. Es una sustancia manufacturada. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. El hidróxido de sodio es muy corrosivo. Generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50%.

2.5.7.4. Ácido nítrico.

El compuesto químico ácido nítrico (HNO_3) es un líquido viscoso y corrosivo que puede ocasionar graves quemaduras en los seres vivos. Es un componente químico empleado por la industria de productos de limpieza, para tuberías y sumideros.

2.5.8. Inhibidor de corrosión.

2.5.8.1. Corrosión.

La corrosión es el ataque destructivo del metal por una reacción química o electroquímica con su medio ambiente.

Frecuentemente se intercambian los términos de corrosión y oxidación. El término oxidación normalmente se aplica a los materiales ferrosos, y acero. El término más utilizado es corrosión, porque incluye también los metales no ferrosos.

El manchado metálico es una corrosión ligera que resulta en una decoloración o deslustramiento de la superficie metálica. El manchado no necesita de un medio ambiente húmedo para ocurrir. Puede ser de color blanco y polvoriento, verde, negro o café. Este tipo de corrosión normalmente se encuentra en aluminio, latón y materiales de cobre.

2.5.8.2. Inhibidor de corrosión.

Un inhibidor de corrosión es un material que fija o cubre la superficie metálica, proporcionando una película protectora que detiene la reacción corrosiva.

Frecuentemente se utilizan recubrimientos temporales para prevenir la corrosión durante el almacenamiento y el embarque y entre operaciones de maquinado. Los recubrimientos inhibidores de corrosión más efectivos, en un tiempo, fueron los materiales de base aceite o solvente. En años recientes los productos de base agua han sido desarrollados y están siendo utilizados con gran éxito

2.6. Fluidos.

El flujo y el comportamiento de los fluidos revisten gran importancia en muchas de las operaciones unitarias de ingeniería de procesos. Un fluido puede definirse como una sustancia que no resiste, de manera permanente, la deformación causada por una fuerza y, por tanto, cambia de forma.

En las industrias de proceso, gran parte de los materiales están en forma de fluidos y deben almacenarse, manejarse, bombearse y procesarse, por lo que resulta necesario conocer los principios que gobiernan al flujo de fluidos y también los equipos utilizados. Los fluidos típicos son el agua, el aire, el CO₂, aceites, lechadas o suspensiones y jarabes espesos.

Si un fluido se ve poco afectado por los cambios de presión, se dice que es **incompresible**. La mayoría de los líquidos son incompresibles. Los gases se consideran como fluidos **compresibles**. Sin embargo, si los gases se sujetan a porcentajes pequeños de cambios de presión y temperatura, sus cambios de densidad serán poco considerables y se les puede clasificar entonces como fluidos incompresibles.

El estudio de la transferencia de momento lineal, o mecánica de fluidos como también se le llama, puede dividirse en dos ramas: *estática de fluidos*, o fluidos en reposo y *dinámica de fluidos*, o fluidos en movimiento.

2.6.1. Flujo estacionario.

Para el flujo estacionario, la velocidad v en un punto dado es constante en el tiempo. Todas las partículas que pasen por ese punto lo harán con la misma velocidad y la trayectoria de una partícula del fluido corresponde a una línea de corriente que es tangente en cada punto al vector velocidad. En el flujo estacionario, la distribución de líneas de corriente del flujo no cambia con el tiempo. En el flujo estacionario un tubo de corriente

o de flujo está formado por un haz de líneas de corriente. El fluido no puede cruzar el borde de un tubo de corriente y el tubo se comporta como una tubería.

2.6.2. Ecuación de continuidad.

La ecuación de continuidad se usara en tuberías de sección variable, la conservación de la masa de un fluido en estado estacionario que circula. Para un tubo de flujo se cumple:

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \Rightarrow \rho v A = \text{cte.} \dots\dots\dots (\text{Ec. 2})$$

Si el fluido es incompresible ($\rho_1 = \rho_2$):

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \Rightarrow v A = \text{cte.} \dots\dots\dots (\text{Ec. 3})$$

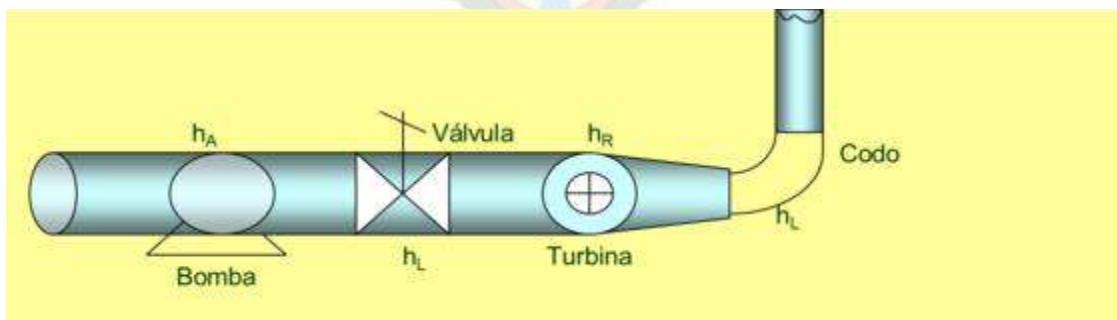
El producto vA indica la rapidez del flujo de volumen o gasto del fluido y se representa por el símbolo Q :

$$Q = v A \dots\dots\dots (\text{Ec. 4})$$

2.6.3. Ecuación general de energía.

En el proceso de limpieza C.I.P. se efectúa a través de tuberías que tiene accesorios, trabajo mecánico para impulsar las soluciones de limpieza, alturas geométricas y la fricción que intervienen en el sistema, para las cuales se usara la ecuación general de energía para su evaluación en el proyecto .

El teorema de Bernoulli no se puede aplicar aquí, porque parte de la energía mecánica total se disipa como consecuencia del rozamiento viscoso, lo que provoca una caída de presión a lo largo de la tubería.



$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_L \dots\dots\dots (\text{Ec. 5})$$

Donde:

H_B es energía añadida o agregada al fluido por una bomba u otro dispositivo.

h_R es energía retirada o removida del fluido mediante un dispositivo mecánico, por ejemplo una turbina.

h_L es pérdida de energía por parte del fluido por efecto de fricción o por presencia de válvulas, conectores y rugosidad de tuberías.

PERDIDAS DE ENERGIA (h_L) está dada por:

$$h_L = \Sigma \text{ pérdidas por accesorio} + \Sigma \text{ pérdidas por fricción en tuberías} \dots\dots \text{(Ec. 6)}$$

Las pérdidas de energía por accesorios \rightarrow se dan por cambios de dirección y velocidad del fluido en válvulas T, codos, aberturas graduales y súbitas entre otros..

Las pérdidas por fricción \rightarrow se dan por el contacto del fluido con las paredes de las tuberías y conductos que por lo general son rugosos.

2.6.4. Viscosidad.

La fuerza de viscosidad F_v sobre una superficie A viene dada por el gradiente de velocidad v/L en el fluido:

$$F_v = \mu A \frac{v}{L} \dots\dots\dots \text{(Ec. 7)}$$

Donde μ es una constante de proporcionalidad que se denomina viscosidad. La unidad de viscosidad en el SI es $N.s.m^{-2}$. Una unidad (que no pertenece al SI) muy corriente para la viscosidad es el poise (P), y es igual a $1 \text{ Poise} = 0.1 \text{ N.s.m}^{-2}$

2.6.4.1. La viscosidad absoluta.

Es una propiedad de los fluidos que indica la mayor o menor resistencia que estos ofrecen al movimiento de sus partículas cuando son sometidos a un esfuerzo cortante. Algunas unidades a través de las cuales se expresa esta propiedad son el Poise (P), el Pascal-Segundo (Pa-s) y el centiPoise (cP). La Viscosidad Absoluta suele denotarse a través de la letra griega μ . Es importante resaltar que esta propiedad depende de manera muy importante de la temperatura, disminuyendo al aumentar ésta.

2.6.4.2. La Viscosidad Cinemática.

Es la relación entre la viscosidad absoluta y la densidad de un fluido. Esta suele denotarse como ν , por lo cual:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots \text{Ec. 8.}$$

Algunas de las unidades para expresarla son el m^2/s , el stoke (St) y el centistoke (cSt), siendo las equivalencias las siguientes: $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10000 \text{ St} = 1 \times 10^6 \text{ cSt}$. Imagínese dos fluidos distintos con igual viscosidad absoluta, los cuales se harán fluir verticalmente a través de un orificio. Aquél de los fluidos que tenga mayor densidad fluirá más rápido, es decir, aquél que tenga menor viscosidad cinemática.

2.6.5. Flujo dinámico.

La dinámica de fluidos estudia los fluidos en movimiento y es una de las ramas más complejas de la mecánica.

Aunque cada gota de fluido cumple con las leyes del movimiento de Newton las ecuaciones que describen el movimiento del fluido pueden ser extremadamente complejas. En muchos casos prácticos, sin embargo el comportamiento del fluido se puede representar por modelos ideales sencillos que permiten un análisis detallado.

2.6.6. Pérdida de carga.

La pérdida de carga en una tubería es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce. Las pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.

La forma general de la ecuación de Darcy-Weisbach es:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots \text{(Ec. 9)}$$

2.6.7. Pérdidas de carga por accesorios ($h_{L.}$)

Se propusieron diversas fórmulas para el cálculo de diversas pérdidas de carga por frotamiento, cuando los fluidos circulan en curvas, accesorios, etc. Pero el método más

sencillo es considerar cada accesorio o válvula como equivalente a una longitud determinada de tubo recto. Esto permite reducirlas pérdidas en los tubos, las válvulas o accesorios aun denominador común: la longitud equivalente del tubo de igual rugosidad relativa.

$$hl = \Sigma \text{perdidas por accesorios}$$

2.6.8. Factor de fricción o coeficiente de resistencia de Darcy-Weisbach (*f*).

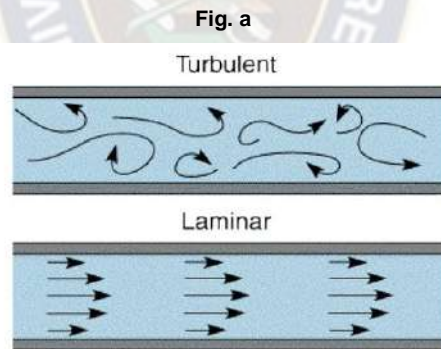
Es un parámetro adimensional que se utiliza en dinámica de fluidos para calcular la pérdida de carga en una tubería debido a la fricción se la puede deducir de acuerdo a variables como diámetro nominal y la rugosidad relativa ϵ/D y formulas empíricas de trabajo.

$$f = \frac{64}{Re} \rightarrow \text{flujo laminar} \dots \dots \dots \text{(Ec. 10)}$$

$$f = 0,16 Re^{-0,16} E_c \rightarrow \text{Flujo turbulento (sin grafico)} \dots \text{(Ec. 11)}$$

2.6.9. Número de Reynolds.

El **número de Reynolds** (*Re*) es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. Su valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento. (Fig. a)



$$Re = \frac{\rho Dv}{\mu} \rightarrow Re = \frac{vD}{\gamma} \dots \dots \dots \text{(Ec. 12)}$$

Donde:

ρ : densidad del fluido

V: velocidad característica del fluido

D: diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido

μ : Viscosidad dinámica del fluido

ϑ : Viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

Para valores de $Re \leq 2100$ (para flujo interno en tuberías circulares) el flujo se mantiene estacionario y se comporta como si estuviera formado por láminas delgadas, que interactúan sólo en función de los esfuerzos tangenciales existentes. Por eso a este flujo se le llama flujo **laminar**.

Para valores de $2100 \leq Re \leq 4000$ (para flujo interno en tuberías circulares) la línea del colorante pierde estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, manteniéndose sin embargo delgada. Este régimen se denomina de **transición**.

Para valores de $Re \geq 4000$, (para flujo interno en tuberías circulares) después de un pequeño tramo inicial con oscilaciones variables, el colorante tiende a difundirse en todo el flujo. Este régimen es llamado **turbulento**, es decir caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional.

2.6.10. Efecto mecánico en tanques.

El efecto mecánico en tanques lo originan en primera línea el impacto de las gotas o del chorro sobre las paredes del tanque y en segunda línea el caudal que se desliza hacia abajo.

El efecto del caudal es mayor en el aspersor tipo bola de limpieza. El efecto lo determina la presión y el flujo y dependen del equipo instalado. Por lo tanto rigen las especificaciones del fabricante.

- Aspersor fijo tipo bola: Presión 1 y 2 bares.

Figura 2. 6. Tanque elaboración con aspersor tipo bola



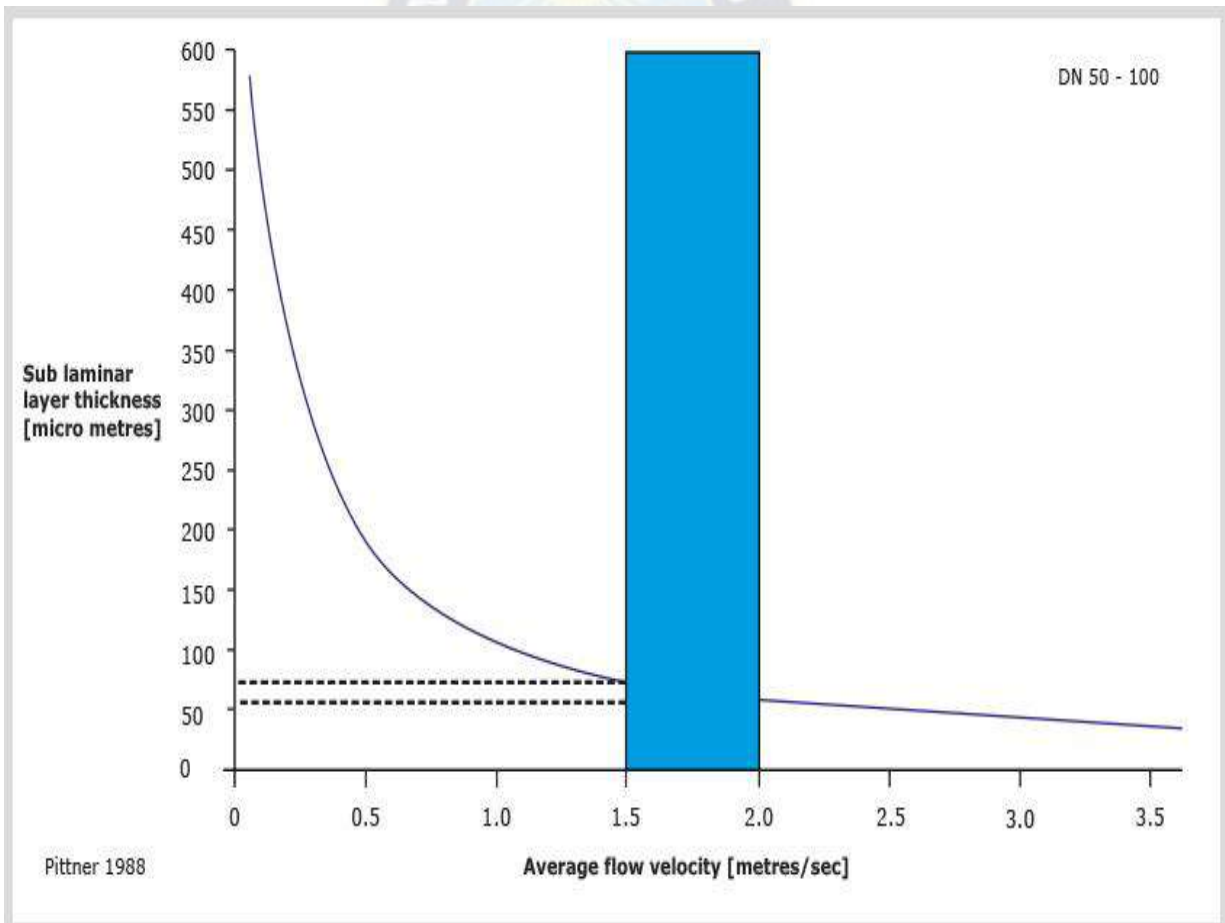
Fuente: Con autorización de Soalpro Srl.

2.6.11. Efecto mecánico en tuberías.

La norma para el CIP estándar se rige por las recomendaciones internacionales, son por encima de 1.5 m/s el flujo en soluciones acuosas cambia de laminar (muy poco efecto mecánico) a turbulento (alto efecto mecánico) en cualquier tubería.

La capa de líquido de la superficie de la tubería cuya velocidad es cero se denomina “capa sub laminar” cuando se aumenta la velocidad, la capa sub laminar se hace más delgada y la suciedad de la superficie de la tubería puede recibir la acción mecánica. Para una limpieza la velocidad mínima requerida es 1.5 m/s, para eliminar la capa sub laminar se precisa >0.3 m/s por lo que la velocidad de flujo recomendable durante el ciclo de limpieza debe ser al menos 1.8 m/s. y para evitar dañar los equipos, los fabricantes recomiendan no exceder flujos por encima de 4 m/s.

Figura 2. 7. Grafica capa sub laminar



FUENTE: Pedro pozuelo sistema de limpieza CIP

Tabla 2. 2. Velocidad mínima de 1.5 m/s, velocidad recomendada 1.8 m/s y velocidad máxima 4 m/s

| Diámetro. (mm) | 25 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 |
|---------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Flujo mínimo (m ³ /h) | 2.65 | 6.78 | 10.60 | 17.92 | 27.14 | 42.41 |
| Flujo recomendado (m ³ /h) | 3.18 | 8.14 | 12.72 | 21.50 | 32.57 | 50.89 |
| Flujo máximo (m ³ /h) | 7.07 | 18.09 | 28.27 | 47.78 | 72.38 | 113.10 |

Fuente: Elaboración propia en base a datos de velocidad.

2.6.12. Potencia de una bomba.

La **potencia teórica** de una bomba hidráulica es:

$$p_b = \rho g Q h_b = \gamma Q h_b \dots\dots\dots (Ec. 13)$$

Donde:

- P_b es la potencia teórica de la bomba (en Vatios; 1 Hp = 745.7 Vatios)
- ρ es la densidad del fluido (1,000 kg/m³ en el caso del agua)
- g es la aceleración de la gravedad (generalmente se adopta: 9.81 m/s²)
- γ es el peso específico del fluido
- Q es el caudal (m³/s)
- h_b es la ganancia de carga en la bomba, o en otros términos, altura dinámica de la bomba (m)

Considerando que en las operaciones existen rangos de eficiencia, se determinará por tanto, la potencia real, considerando lo siguiente:

$$Pot_{Real} = \frac{Pot_{Teorica}}{(\%)} \dots\dots\dots (Ec. 14)$$

Donde: % = eficiencia

2.6.13. Control de concentraciones de soluciones de limpieza en sistema CIP.

Para controlar la concentraciones de las soluciones de hidróxido de sodio y ácido nítrico se utilizó el método de titulación. Este método se basa en tomar una muestra de 10 ml de la solución de muestra, a la cual se agrega 3 gotas de fenolftaleína y luego se titula con

soluciones patrones de NaOH y HNO₃ hasta el viraje del indicador; posteriormente se registra las concentraciones.





CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

CAPITULO III

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

La revisión del funcionamiento de la estación CIP es una tarea de una suma importancia dentro de una empresa de bebidas y alimentos, ya que con estas se garantiza la elaboración de un producto de la más alta calidad. Esta evaluación se fundamental en el cumplimiento de las normas establecidas por la empresa SOALPRO Srl en base a controles de calidad.

Tomando en cuenta la estación de CIP a ser evaluado, se llevo a cabo un proceso de investigación y de determinación de los parámetros de trabajo para lograr los objetivos propuestos, el cual consta de las siguientes etapas:

1. Familiarización con el proceso de industrias lácteas.
2. Estudio y evaluación del sistema CIP.
3. Recolección de la información.
4. Recopilación de información acerca de las bombas de suministro y retorno de soluciones de limpieza de la estación CIP.
5. Seguimiento de las líneas de tuberías de suministro y retorno de soluciones de limpieza de la estación CIP.
6. Contabilización de accesorios presentes en el sistema de tuberías.
7. Levantamiento de planos de tuberías y tanques de la estación CIP.
8. Determinación de las pérdidas de presión y velocidades en líneas de tuberías.
9. Control de concentraciones de las soluciones de limpieza usados en el sistema CIP.
10. Control microbiológico del método CIP, durante la etapa de evaluación para tanques de elaboración.
11. Detección de fallas en los cumplimientos de los parámetros en el sistema CIP.
12. Propuesta de posibles soluciones para la corrección de fallas.

A continuación se explican detalladamente cada uno de los puntos desarrollados durante el proyecto.

3.1.1. Familiarización con el proceso de industrias lácteas.

En esta etapa inicial del proyecto se estudio el proceso de elaboración de bases de yogurt y bebidas lácteas por tener el mismo tratamiento en la limpieza CIP, abarcando el área de estudio y equipos involucrados.

Figura 3. 1. Sala de elaboración planta lácteos



Fuente: Con autorización de SOALPRO Srl.

3.1.2. Estudio y Evaluación del sistema CIP.

Esta etapa del proyecto consiste en la búsqueda de información teórica acerca del CIP, con el objeto de de entender su funcionamiento.

Y como todo proceso de limpieza, y más aun en la industria de alimentos y bebidas, se tienen que cumplir una serie de parámetros para garantizar la efectividad de los procesos y cumplir las normas sanitarias. Con esta parte del proyecto se busca fijar las pautas para realizar la evaluación de limpieza CIP basándose en una serie de estudios químicos y mecánicos.

Figura 3. 2. Estación de Limpieza CIP



Fuente: SOALPRO Srl.

3.1.3. Recolección de la información.

Las técnicas que se utilizaron para recolectar la información fueron:

- Análisis de los registros diarios de saneamiento
- Realización de entrevistas: a los operarios del área de elaboración, acerca de sus labores en lo concerniente a reactivos, equipos, utensilios usados y las rutinas de limpieza y desinfección que realizan actualmente, como resultado de estas entrevistas se obtuvo información particular y detallada con base en la experiencia de los entrevistados.
- Observación: de la instalación, equipos utensilios y formas de hacer de los operarios.

Posteriormente se realizó la recopilación de información, a través de datos tomados durante la verificación del modo de ejecución de las variables de saneamiento.

- a) Acción mecánica
- b) Tiempo de contacto con el detergente y desinfectante
- c) Concentraciones de los agentes de limpieza y sanitizante
- d) Temperatura de los agentes de limpieza.

Para el control de las variables del proceso de saneamiento de tanques, se tomo la ficha actual de control de ejecución (véase Anexo 9).

3.1.4 Recopilación de información acerca de las bombas de suministro y retorno de soluciones de limpieza de la estación CIP.

Recolectar información sobre las bombas de suministro y retorno CIP es de suma importancia. Esto se debe a que al funcionar bajo distintos parámetros de presión y flujo, la estación de limpieza suele tener una bomba con parámetros particulares para poder cumplir con los ciclos de limpieza.

Se recopilaron datos como: marca, modelo, alturas de carga, etc. Esta información se utilizo para la realización de los cálculos hidráulicos

3.1.5. Seguimiento de las líneas de tuberías de suministro y retorno de soluciones de limpieza de la estación CIP.

Con el seguimiento de las tuberías se tomaron medidas de longitud, diámetros, diferencias de alturas, etc. Estos datos se usaron para cálculos hidráulicos.

3.1.6. Contabilización de accesorios presentes en el sistema de tuberías.

En el sistema de tuberías de la estación CIP está presente un número de accesorios tales como: codos de 90°, Válvulas mariposa, tees, entre otros. Cada uno de estos representa una pérdida de presión en las líneas suministro y retorno, y en los casos en los que se deben cumplir parámetros de presión (lavado de tanques), deben ser tomados en cuenta para realizar los cálculos pertinentes.

Tabla 3. 1. Ejemplo de tabla para accesorios

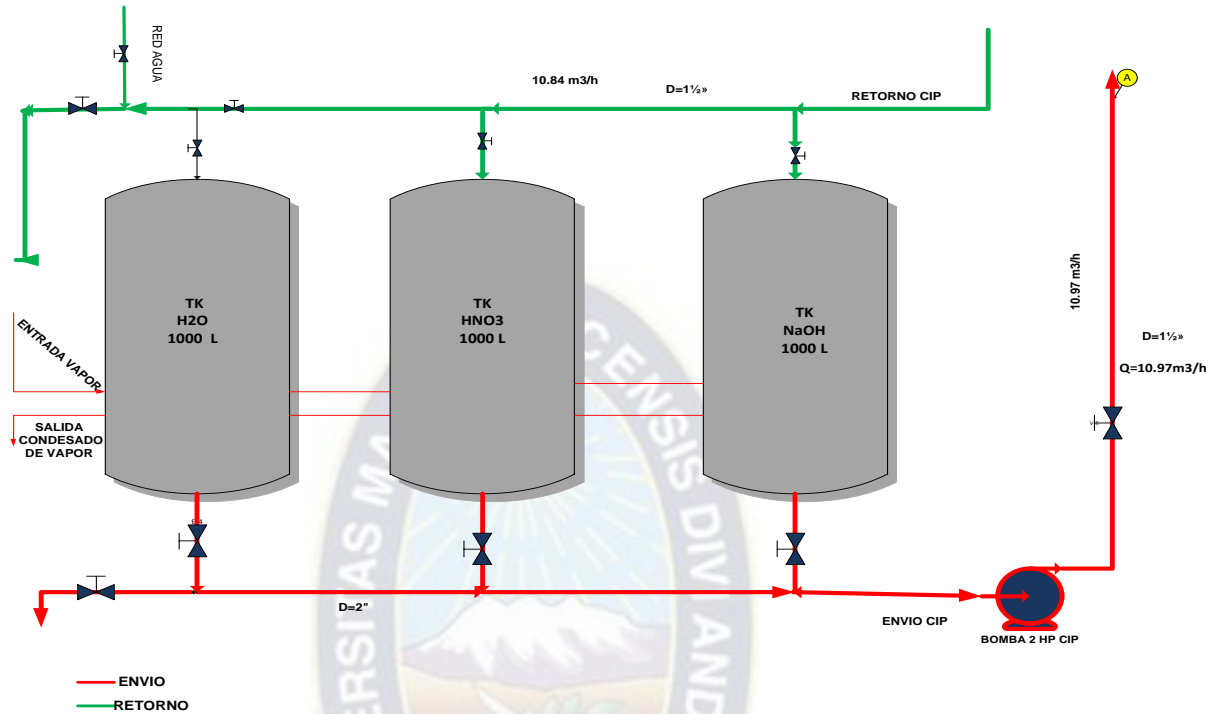
| Sección | válvulas | Codos 90° | Diámetro |
|---------|----------|-----------|----------|
| | | | |

Fuente: elaboración propia.

3.1.7. Levantamiento de planos de tuberías y tanques de la estación CIP.

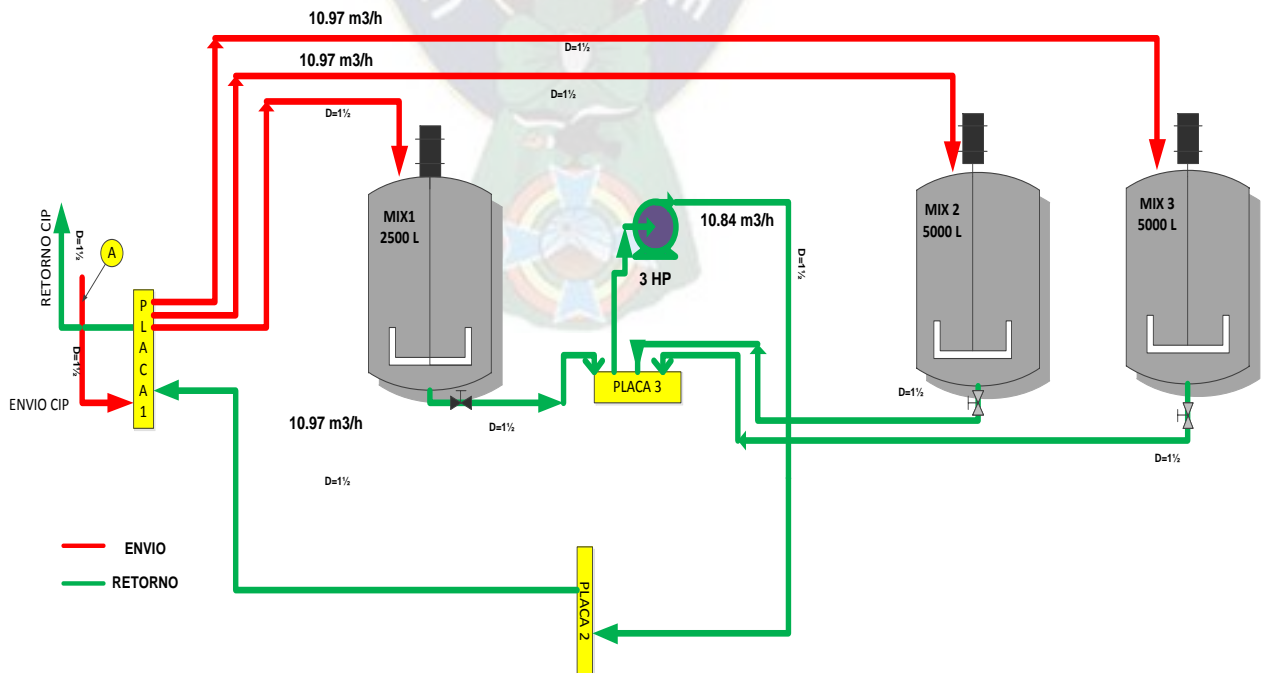
Luego de llevar registro de los datos de longitudes, diámetros y accesorios, se levantaron planos de las tuberías y tanques de las líneas de suministro de la estación CIP. Esto se realizo con la finalidad de tener una referencia para los cálculos hidráulicos.

Figura 3. 3. Diagrama de flujo tanques CIP Planta lácteos empresa SOALPRO SRL.



Fuente: Elaboración propia en función a lo visto en planta

Figura 3. 4. Diagrama de flujo de tanques de preparación



Fuente: Elaboración propia en función a lo visto en planta

3.1.8. Determinación de las pérdidas de presión y velocidades en líneas de tuberías.

Una vez recopilada toda la información referente al sistema de limpieza CIP, se procedió a llenar las siguientes tablas de datos:

Tabla 3. 2. Ejemplo de tabla para datos de velocidades de las soluciones

| D (mm) | D (m) | V (m/s) | Re | Q (m ³ /h) | A (m ²) | T°C | μ (Kg/ms) | ρ Kg/m ³) |
|--------|-------|---------|----|-----------------------|---------------------|-----|-----------|-----------------------|
| | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 3. Ejemplo de tabla para longitudes y diámetros

| Tramo | DI (mm) | Longitud (m) | Z (m) | Otros |
|-------|---------|--------------|-------|-------|
| | | | | |

Fuente: elaboración propia.

3.1.9. Control microbiológico del método CIP, durante la etapa de evaluación para tanque de elaboración.

Los resultados de los números de microorganismos presentes en los tanques de elaboración en diferentes semanas, fueron graficados y evaluado respecto a los valores máximos permitidos de microorganismos.

3.1.10. Detección de fallas en los cumplimientos de los parámetros en el sistema CIP.

Luego de realizar todos los cálculos y determinar las caídas de presión por fricción en tuberías, velocidades, concentraciones de trabajo y tiempo de lavado, se procedió a comparar estos valores con los parámetros establecidos para una buena limpieza. Mediante esto se busco detectar las fallas en lavados de tanques elaboración

3.1.11. Propuesta de posibles soluciones para la corrección de fallas.

Al verificar los valores de parámetros de trabajo durante la limpieza CIP de tanques de elaboración y comparando con parámetros establecidos según norma, esta parte del proyecto se dedico al planteamiento de posibles soluciones o sugerencias para corregirlas.



CAPITULO IV

RESULTADOS

CAPITULO IV

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Acción mecánica.

La circulación turbulenta solo asegura la efectividad de la limpieza si presenta el llamado número de Reynolds en una franja de valores adecuada. En este indicador se consideran la densidad, viscosidad del líquido de limpieza, la velocidad media de circulación y el diámetro interno de la tubería.

Para un flujo turbulento adecuado y efectivo se considera un número de Reynolds situado por encima de 2300.

4.1.2. Determinación del régimen del fluido a través de la tubería mediante el número de *Reynolds*.

En esta etapa se realizara la determinación de los números de Reynolds desde los tanques CIP a los tanques de preparación MIX1, MIX2, MIX3 y retornos a los tanques CIP, tomando en cuenta las propiedades químicas y físicas de las soluciones de limpieza

4.1.2.1. Determinación régimen de fluido Tanques CIP a tanque MIX1 y retorno a CIP.

Figura 4. 1. Tanque de elaboración MIX1 (2500 L)



Fuente: SOALPRO Srl

Se tomo datos de planta de tiempo y volumen y que figura en (Anexo 3) para determinar el caudal de trabajo promedio y.

Tabla 4. 1. Números de Reynolds y velocidades a tanque MIX1 (Cálculos anexos 10, 11, 12)

| Solución | D (Pulg) | D (m) | V (m/s) | Re | Q (m ³ /h) | A (m ²) | T °C | μ (Kg/ms) | ρ Kg/m ³ |
|--------------------------|----------|--------|---------|----------|-----------------------|---------------------|------|-----------|---------------------|
| Envió H ₂ O | 1.5 | 0.0409 | 2.32 | 221156.8 | 10.98 | 0.0013 | 68 | 0.000549 | 978.90 |
| Envió NaOH | 1.5 | 0.0409 | 2.32 | 189481.1 | 10.98 | 0.0013 | 70.7 | 0.000502 | 1002.44 |
| Envió HNO ₃ | 1.5 | 0.0409 | 2.32 | 197582.1 | 10.98 | 0.0013 | 70.9 | 0.000481 | 1001.57 |
| Retorno H ₂ O | 1.5 | 0.0409 | 2.12 | 202091.6 | 10.01 | 0.0013 | 67.7 | 0.000549 | 978.90 |
| Retorno NaOH | 1.5 | 0.0409 | 2.12 | 173146.5 | 10.01 | 0.0013 | 70.7 | 0.000502 | 1002.44 |
| Retorno HNO ₃ | 1.5 | 0.0409 | 2.12 | 180549.1 | 10.01 | 0.0013 | 70.9 | 0.000481 | 1001.57 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2. Determinación régimen de fluido Tanques CIP a tanque MIX2 y retorno a CIP.

Figura 4. 2. Tanque de elaboración MIX2 (5000 L)



Fuente: Con autorización de SOALPRO Srl

Se tomo datos de planta de tiempo y volumen que figura en (Anexo 3) para determinar el caudal de trabajo promedio.

Tabla 4. 2. Números de Reynolds y velocidades a tanque MIX2 (Cálculos anexos 12, 13, 14)

| Solución | D (Pulg) | D (m) | V (m/s) | Re | Q (m ³ /h) | A (m ²) | T °C | μ (Kg/ms) | ρ Kg/m ³ |
|--------------------------|----------|--------|---------|----------|-----------------------|---------------------|-------|-----------|---------------------|
| Envío H ₂ O | 1.5 | 0.0409 | 2.24 | 228665.1 | 10.58 | 0.0013 | 73.2 | 0.000391 | 975.90 |
| Envío NaOH | 1.5 | 0.0409 | 2.24 | 182947.3 | 10.58 | 0.0013 | 70.25 | 0.000502 | 1002.44 |
| Envío HNO ₃ | 1.5 | 0.0409 | 2.24 | 190768.9 | 10.58 | 0.0013 | 70.97 | 0.000481 | 1001.57 |
| Retorno H ₂ O | 1.5 | 0.0409 | 2.49 | 252327.9 | 11.82 | 0.0013 | 72.6 | 0.000394 | 976.20 |
| Retorno NaOH | 1.5 | 0.0409 | 2.49 | 203365.5 | 11.82 | 0.0013 | 70.25 | 0.000502 | 1002.44 |
| Retorno HNO ₃ | 1.5 | 0.0409 | 2.49 | 212060.1 | 11.82 | 0.0013 | 70.97 | 0.000481 | 1001.57 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.2.3. Determinación régimen de fluido Tanques CIP a tanque MIX3 y retorno a CIP.

Figura 4. 3. Tanque de elaboración MIX3 (5000 L)



Fuente: SOALPRO Srl

Se tomo datos de planta de tiempo y volumen que figura en (Anexo 4) para determinar el caudal de trabajo promedio.

Tabla 4. 3. Números de Reynolds y velocidades a tanque MIX3 (Cálculos anexos 14, 15, 16, 17)

| Solución | D (Pulg) | D (m) | V (m/s) | Re | Q (m ³ /h) | A (m ²) | T °C | μ (Kg/ms) | ρ Kg/m ³ |
|--------------------------|----------|--------|---------|----------|-----------------------|---------------------|-------|-----------|---------------------|
| Envió H ₂ O | 1.5 | 0.0409 | 2.31 | 232413.6 | 10.94 | 0.0013 | 71.99 | 0.000397 | 976.60 |
| Envió NaOH | 1.5 | 0.0409 | 2.31 | 188664.4 | 10.94 | 0.0013 | 75.38 | 0.000502 | 1002.44 |
| Envió HNO ₃ | 1.5 | 0.0409 | 2.31 | 196730.4 | 10.94 | 0.0013 | 70.37 | 0.000481 | 1001.57 |
| Retorno H ₂ O | 1.5 | 0.0409 | 2.29 | 232627.2 | 10.84 | 0.0013 | 72.77 | 0.000393 | 976.10 |
| Retorno NaOH | 1.5 | 0.0409 | 2.29 | 187039.9 | 10.84 | 0.0013 | 75.38 | 0.000502 | 1002.44 |
| Retorno HNO ₃ | 1.5 | 0.0409 | 2.29 | 195027.1 | 10.84 | 0.0013 | 70.37 | 0.000481 | 1001.57 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Contabilización de accesorios presentes en el sistema de tuberías.

Tabla 4. 4. Tabla para accesorios

| Sección | Nº Válvulas Mariposa | Nº Codos 90° | Nº Aspensor tipo bola | Diámetro (pulg.) |
|--------------------------|----------------------|--------------|-----------------------|------------------|
| TANQUE CIP A TANQUE MIX1 | 1 | 10 | 1 | 1 ^{1/2} |
| TANQUE MIX1 A TANQUE CIP | 1 | 19 | --- | 1 ^{1/2} |
| TANQUE CIP A TANQUE MIX2 | 1 | 10 | 1 | 1 ^{1/2} |
| TANQUE MIX2 A TANQUE CIP | 1 | 19 | --- | 1 ^{1/2} |
| TANQUE CIP A TANQUE MIX3 | 1 | 10 | 1 | 1 ^{1/2} |
| TANQUE MIX3 A TANQUE CIP | 1 | 19 | --- | 1 ^{1/2} |

Fuente: elaboración propia

4.1.4. Determinación de las pérdidas de presión y potencia teórica.

(Se toma como referencia el agua)

Se determinara las pérdidas de presión de las soluciones usados en el sistema de limpieza.

Tabla 4. 5. Tabla para longitudes y Diámetros

| Tramo Envió | Di (mm) | Longitud (m) | Z (m) | Potencia Bomba (HP) |
|---------------|---------|--------------|-------|---------------------|
| CIP a MIX1 | 40.9 | 35.20 | 3.5 | 2 |
| CIP a MIX2 | 40.9 | 38.95 | 3.5 | 2 |
| CIP a MIX3 | 40.9 | 41.92 | 3.5 | 2 |
| Tramo Retorno | Di (mm) | Longitud (m) | Z (m) | Potencia Bomba (HP) |
| MIX1 a CIP | 40.9 | 43.44 | 3.8 | 3 |
| MIX2 a CIP | 40.9 | 43.44 | 3.8 | 3 |
| MIX3 a CIP | 40.9 | 43.44 | 3.8 | 3 |

Fuente: elaboración propia.

De la ecuación general de energía:

$$\text{De la Ec. 5} \Rightarrow \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A + h_R = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_T$$

Donde:

P=> Presión

ρ => Densidad

Z₁ y Z₂=>Altura geométrica

g=> gravedad

v₁ y v₂=> velocidad

h_A=> Energía añadida

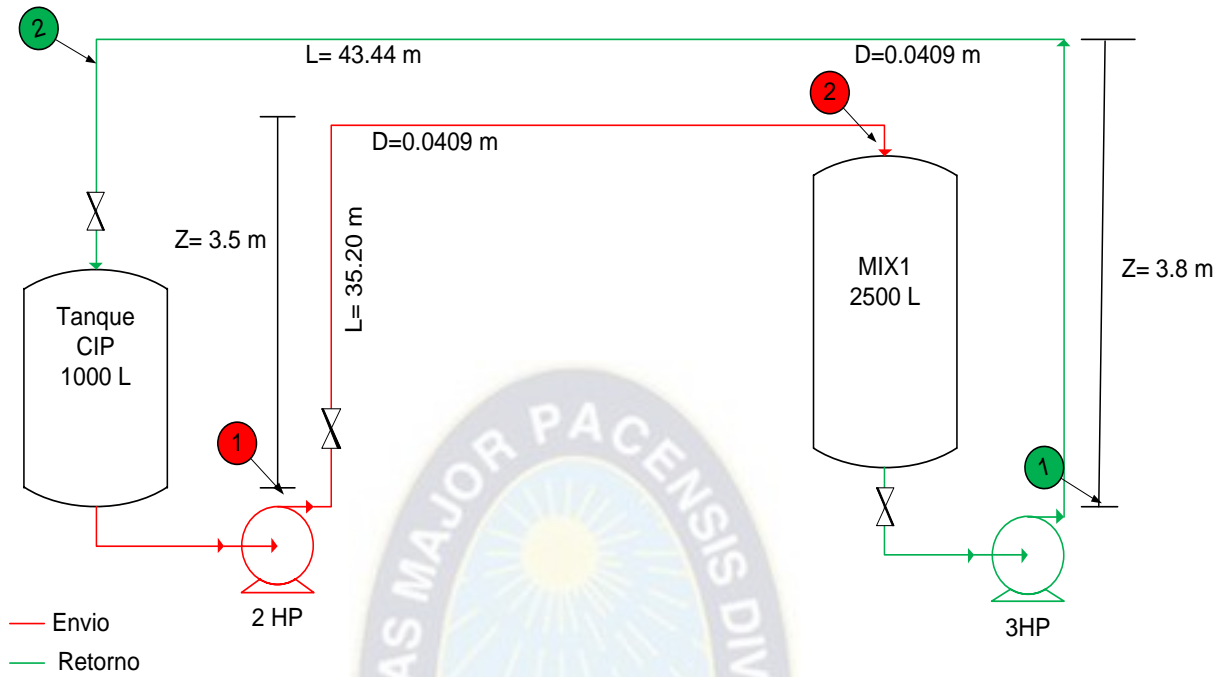
h_R=> Energía retirada

h_T=> Energía perdida por fricción y accesorios

Tomando los datos ya obtenidos y tomando distribución de tuberías en planta tenemos:

$$h_A = Z_2 + h_T \dots \text{Ec. A}$$

Figura 4. 4. Esquema distribución de tuberías CIP - MIX1 - CIP



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 6. Parámetros de trabajo mecánico para tanque MIX1 (Cálculos anexos 17, 18, 19)

| OPERACIÓN | LONGITUD (m) | LONGITUD EQUIVALENTE (m) | LONGITUD TOTAL (m) | E/D | f | h_T (m) | h_b (m) | Potencia bomba (HP) |
|-----------|--------------|--------------------------|--------------------|--------|-------|-----------|-----------|---------------------|
| ENVIO | 35.20 | 25.72 | 60.92 | 0.0012 | 0.022 | 8.99 | 12.49 | 0.49 |
| RETORNO | 43.44 | 27.85 | 71.29 | 0.0012 | 0.022 | 8.79 | 12.59 | 0.45 |

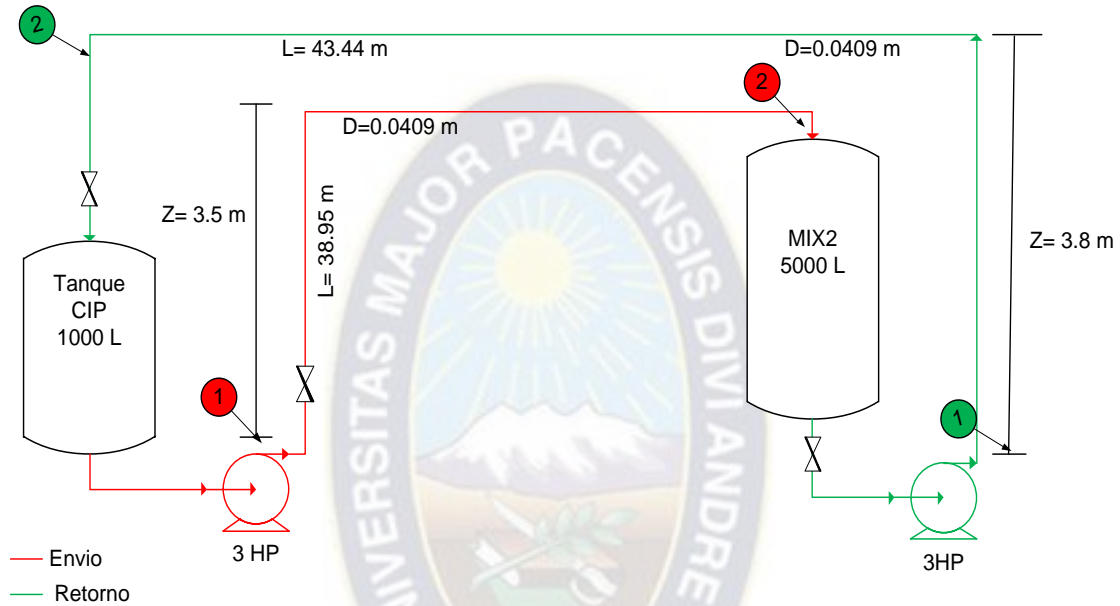
Fuente: Elaboración propia

$$\text{De la Ec. 5} \Rightarrow \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A + h_R = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_T$$

$$P_1 = P_2; v_1 = v_2; h_R = 0; Z_1 = 0$$

Entonces: $h_A = Z_2 + h_T \dots \text{Ec. A}$

Figura 4. 5. Esquema distribución de tuberías CIP - MIX2 - CIP



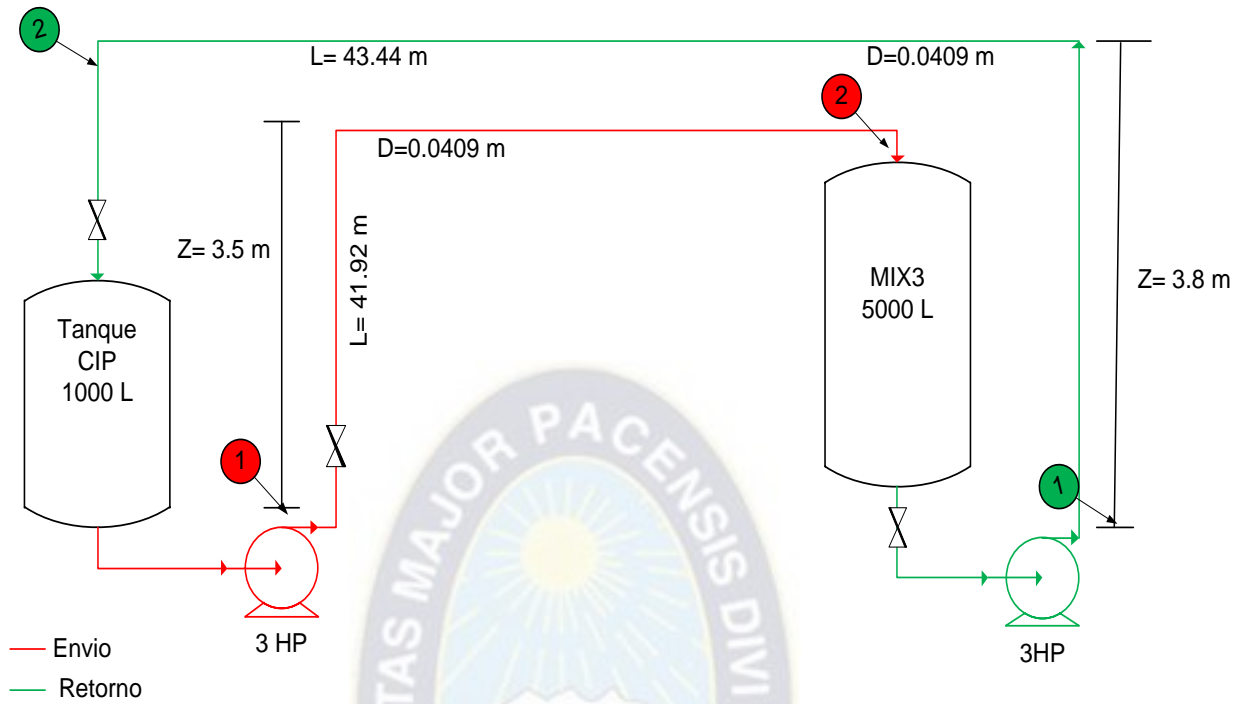
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 7. Parámetros de trabajo mecánico para tanque MIX2 (Cálculos anexos 19, 20)

| OPERACIÓN | LONGITUD (m) | LONGITUD EQUIVALENTE (m) | LONGITUD TOTAL (m) | E/D | f | h _T (m) | h _b (m) | Potencia bomba (HP) |
|-----------|--------------|--------------------------|--------------------|--------|-------|--------------------|--------------------|---------------------|
| ENVIO | 38.95 | 25.72 | 64.67 | 0.0012 | 0.022 | 8.90 | 12.40 | 0.47 |
| RETORNO | 43.44 | 27.85 | 71.29 | 0.0012 | 0.021 | 11.58 | 15.38 | 0.65 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. 6. Esquema distribución de tuberías CIP - MIX3 - CIP



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 8. Parámetros de trabajo mecánico para tanque MIX3 (Cálculos anexos 20, 21, 22)

| OPERACIÓN | L (m) | L Eq. (m) | L T. (m) | E/D | f | h_T (m) | h_b (m) | Pot. Bom. (HP) |
|-----------|-------|-----------|----------|--------|-------|-----------|-----------|----------------|
| ENVIO | 41.92 | 25.72 | 67.64 | 0.0012 | 0.022 | 9.90 | 13.40 | 0.52 |
| RETORNO | 43.44 | 27.85 | 71.29 | 0.0012 | 0.022 | 10.26 | 14.06 | 0.54 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Determinación de volumen mínimo requerido y volumen útil requerido para el tanque CIP.

Considerando un volumen mínimo de funcionamiento de 500 litros, y que los volúmenes de trabajo se moverán entre 60% y 100% de capacidad total de los tanques.

En consecuencia el volumen de los tanques será:

- Volumen de mínimo de funcionamiento 500 litros, esto se debe para mantener un volumen de estación mínimo en el tanque ante cualquier necesidad que se requiera.
- Volumen dentro de las tuberías tanto de envío como retorno son 103.42 litros.
- De acuerdo a consideraciones de lavado de tanque MIX, este puede llegar a tener un pie de 200 litros, este es el volumen que se puede llegar a tener en el fondo del tanque.

Tomando estas consideraciones se tiene que:

$$V_{\text{Mínimo requerido}} = V_{\text{Tuberías}} + V_{\text{pie}} + V_{\text{Estación mínimo}}$$

$$V_{\text{Mínimo requerido}} = 103.42 \text{ L} + 200 \text{ L} + 500 \text{ L}$$

$$V_{\text{Mínimo requerido}} = 803.42 \text{ litros}$$

Para el volumen útil requerido considerando las condiciones del diseño de los tanques CIP, en las condiciones más desfavorables, por el cual el tanque debe tener un volumen mínimo útil de 60%.

$$V_{\text{mínimo requerido}} = 60\% * V_{\text{Tanque}}$$

$$V_{\text{Tanque}} = \frac{V_{\text{mínimo requerido}}}{60\%}$$

$$V_{\text{Tanque}} = \frac{803.42 \text{ litros}}{0.6}$$

$$V_{\text{Tanque}} = 1339.03 \text{ litros}$$

4.1.6. Tiempo de contacto y concentración de los agentes de limpieza en los tanques MIX1, MIX2 y MIX3.

Se evaluó las condiciones de trabajo como tiempo, concentraciones y temperaturas especificadas vs condiciones planta en la siguiente tabla como promedios.

Tabla 4. 9. Esquema de limpieza CIP MIX1

| Saneado | Descripción | Especificaciones de planta | | | Datos de registro | | |
|--------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | | Tiempo (Min.) | Temperatura (°C) | Concentración (%) | Tiempo (Min.) | Temperatura (°C) | Concentración (%) |
| CIP 5 PASOS | Enjuague inicial con agua al drenaje | 5 | 50-60 | ----- | 3 | 65.1 | ---- |
| | Limpieza con NaOH | 10-15 | 65-80 | 1.5-2.5 | 10 | 70.2 | 3.63 |
| | Enjuague intermedio | 5 | 65-80 | ---- | 2 | 65.3 | ---- |
| | Limpieza con HNO ₃ | 10-15 | 65-80 | 1.5-2.5 | 11 | 71.1 | 2.51 |
| | Enjuague final | 15-20 | 65-80 | ---- | 18 | 64.6 | ----- |

Fuente: Soalpro Srl.

Tabla 4. 10. Esquema de limpieza CIP MIX2

| Saneado | Descripción | Especificaciones de planta | | | Datos de registro | | |
|--------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | | Tiempo (Min.) | Temperatura (°C) | Concentración (%) | Tiempo (Min.) | Temperatura (°C) | Concentración (%) |
| CIP 5 PASOS | Enjuague inicial con agua al drenaje | 5 | 50-60 | ---- | 5 | 65.3 | ---- |
| | Limpieza con NaOH | 10-15 | 65-80 | 1.5-2.5 | 15 | 72.2 | 1.64 |
| | Enjuague intermedio | 5 | 65-80 | ---- | 2 | 75.3 | ---- |
| | Limpieza con HNO ₃ | 10-15 | 65-80 | 1.5-2.5 | 10 | 70.8 | 2.60 |
| | Enjuague final | 15-20 | 65-80 | ---- | 18 | 80.2 | ---- |

Fuente: Soalpro Srl.

Tabla 4. 11. Esquema de limpieza CIP MIX3

| Saneado | Descripción | Especificaciones de planta | | | Datos de registro | | |
|--------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | | Tiempo (Min.) | Temperatura (°C) | Concentración (%) | Tiempo (Min.) | Temperatura (°C) | Concentración (%) |
| CIP 5 PASOS | Enjuague inicial con agua al drenaje | 5 | 50-60 | ----- | 3 | 65.5 | ---- |
| | Limpieza con NaOH | 10-15 | 65-80 | 1.5-2.5 | 11 | 70.2 | 2.01 |
| | Enjuague intermedio | 5 | 65-80 | ---- | 3 | 73.3 | ---- |
| | Limpieza con HNO ₃ | 10-15 | 65-80 | 1.5-2.5 | 10 | 70.8 | 2.60 |
| | Enjuague final | 15-20 | 65-80 | ---- | 18 | 72.2 | ----- |

Fuente: Soalpro Srl.

4.1.7. Control de concentraciones de soluciones de limpieza usados en el sistema CIP.

Para el control de concentraciones se tomo volumen promedio de planta para determinar la concentración de soluciones de limpieza, se empleara la ecuación $C_T * V_T = C_R * V_R$; donde:

C_T = Concentecion titulante; V_T = Volumen titulante

C_R = Concentracion reactante; V_R = Volumen reactante

Soluciones patrones usados son:

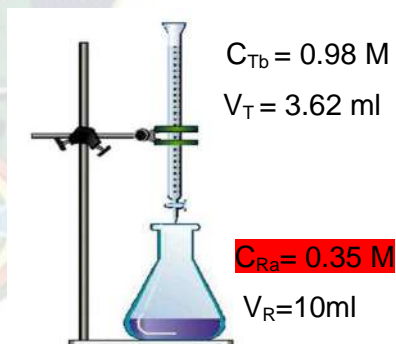
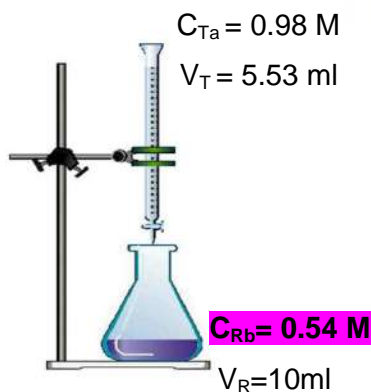
Concentración NaOH (C_{Tb})= 0.98 M; Concentración HNO₃ (C_{Ta})= 0.98 M

Tanque MIX1 (Cálculos anexo 22)

Tabla 4. 12. Concentración de soluciones para lavado MIX1

| Concentración de soluciones en porcentaje v/v | |
|---|------------------------------------|
| Hidróxido de sodio NaOH (%) | Acido Nítrico HNO ₃ (%) |
| 2.17 | 2.23 |

Fuente: Elaboración propia

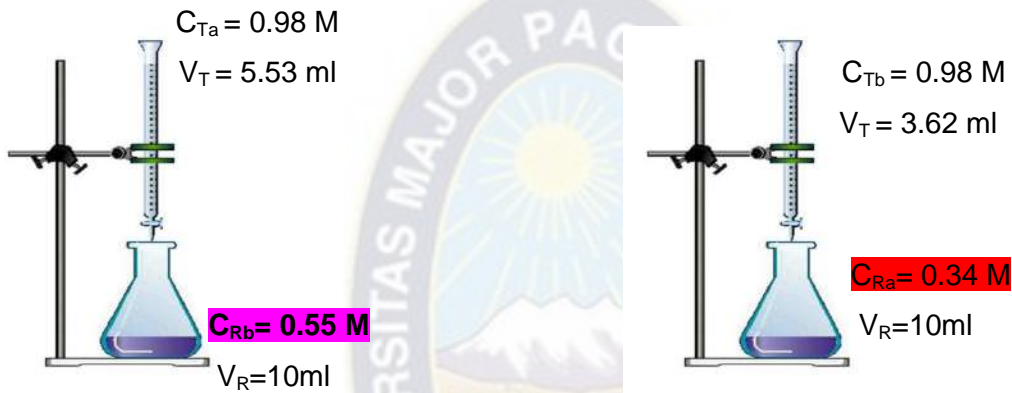


Tanque MIX2 (Cálculos anexo 23)

Tabla 4. 13. Concentración de soluciones para lavado MIX2

| Concentración de soluciones en porcentaje v/v | |
|---|------------------------------------|
| Hidróxido de sodio NaOH (%) | Acido Nítrico HNO ₃ (%) |
| 2.21 | 2.13 |

Fuente: Elaboración propio

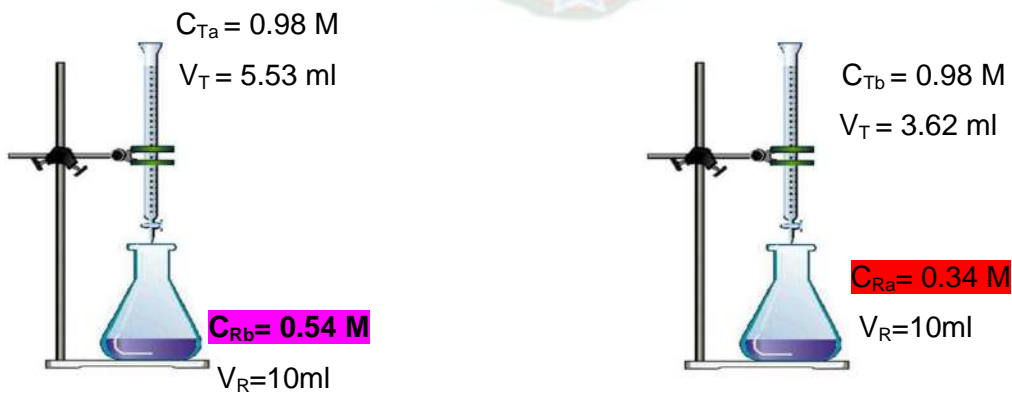


Tanque MIX3 (Cálculos anexo 24)

Tabla 4. 14. Concentración de soluciones para lavado MIX3

| Concentración de soluciones en porcentaje v/v | |
|---|------------------------------------|
| Hidróxido de sodio NaOH (%) | Acido Nítrico HNO ₃ (%) |
| 2.16 | 2.17 |

Fuente: Elaboración propia



4.1.8. Evaluación del costo de operación de limpieza C.I.P. en la planta de lácteos.

Para el cálculo de *costo de operación de limpieza* ($C_{O.L.}$) CIP, se toma cuenta el lavado de un tanque como base.

Tiempo total de lavado del tanque MIX1 es 45 min. Que es igual 0.75h, el costo de operación de limpieza está compuesto por los siguientes costos:

Tabla 4. 15. Costo operación limpieza CIP tanques de elaboración (Cálculos anexo 24, 25)

| COSTO ENERGIA ELECTRICA USADO BOMBA CENTRIFUGA 2 HP (Bs) | COSTO ENERGIA ELECTRICA USADO BOMBA CENTRIFUGA 3 HP (Bs) | COSTO ENERGIA CALORIFICA PARA CALENTAR 1000 L DE AGUA (Bs) | COSTO Kg DE SODA CAUSTICA BOLSA 25 Kg (Bs) | COSTO Kg DE ACIDO NITRICO AL 68 % BIDON 30 Kg (Bs) | COSTO MANO DE OBRA (Bs) | COSTO DE OPERACIÓN LIMPIEZA CIP TANQUE (Bs) | COSTO DE OPERACIÓN LIMPIEZA CIP TOTAL (Bs) |
|--|--|--|--|--|-------------------------|---|--|
| 0.89 | 1.34 | 3.48 | 190 | 210 | 9 | 414.71 | 1244.13 |

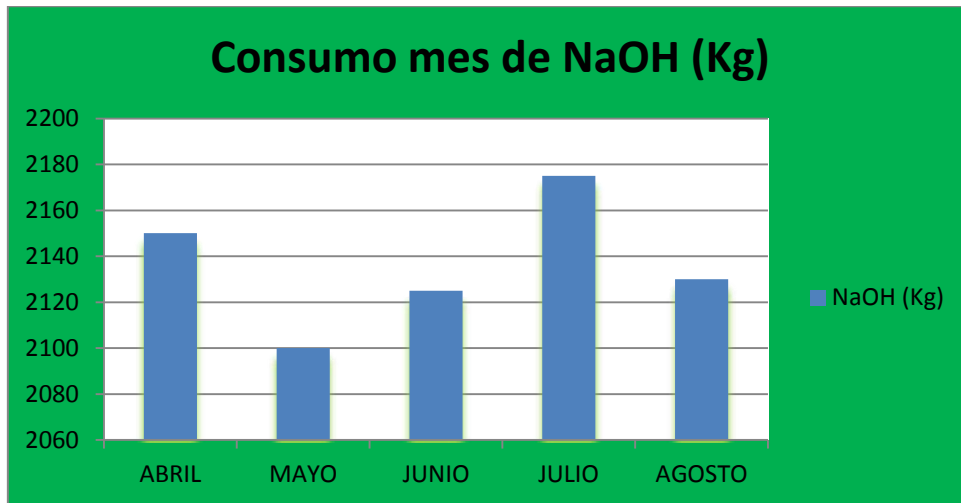
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 16. Consumo de Soda y Acido por mes

| CONSUMO DE SODA Y ACIDO POR MES | | | | |
|-----------------------------------|-----------|-----------------------|---------------------|---------------------------------|
| MES | NaOH (Kg) | HNO ₃ (Kg) | Precio KG (Bs) NaOH | Precio KG (Bs) HNO ₃ |
| ABRIL | 2150 | 2100 | 20425 | 14700 |
| MAYO | 2100 | 2135 | 19950 | 14945 |
| JUNIO | 2125 | 2065 | 20187,5 | 14455 |
| JULIO | 2175 | 2205 | 20662,5 | 15435 |
| AGOSTO | 2130 | 2030 | 19950 | 14210 |
| PRECIO 1 Kg NaOH (Bs) | 9,5 | | | |
| PRECIO 1 Kg HNO ₃ (Bs) | 7 | | | |

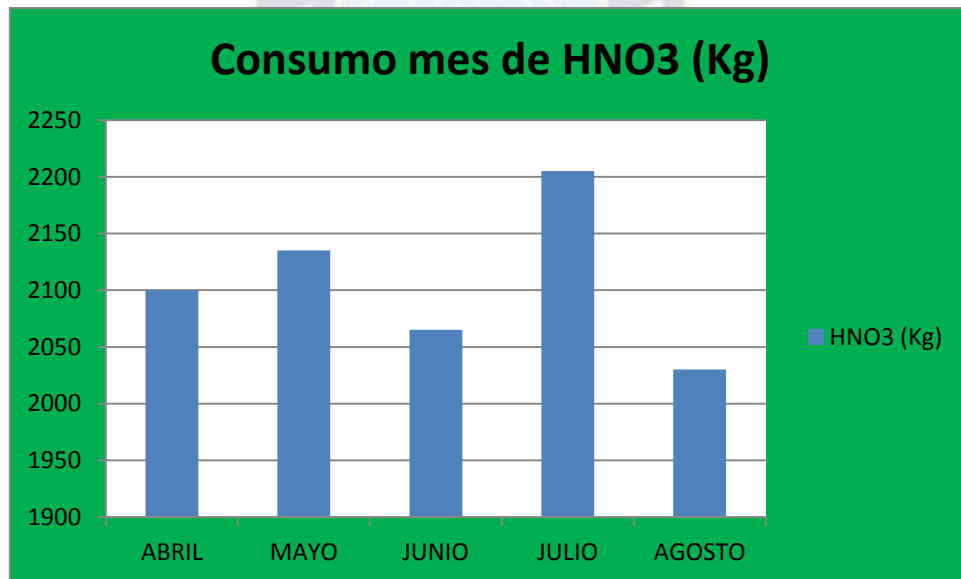
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en SOALPRO Srl.

Figura 4. 7. Consumo mes de NaOH (Kg)



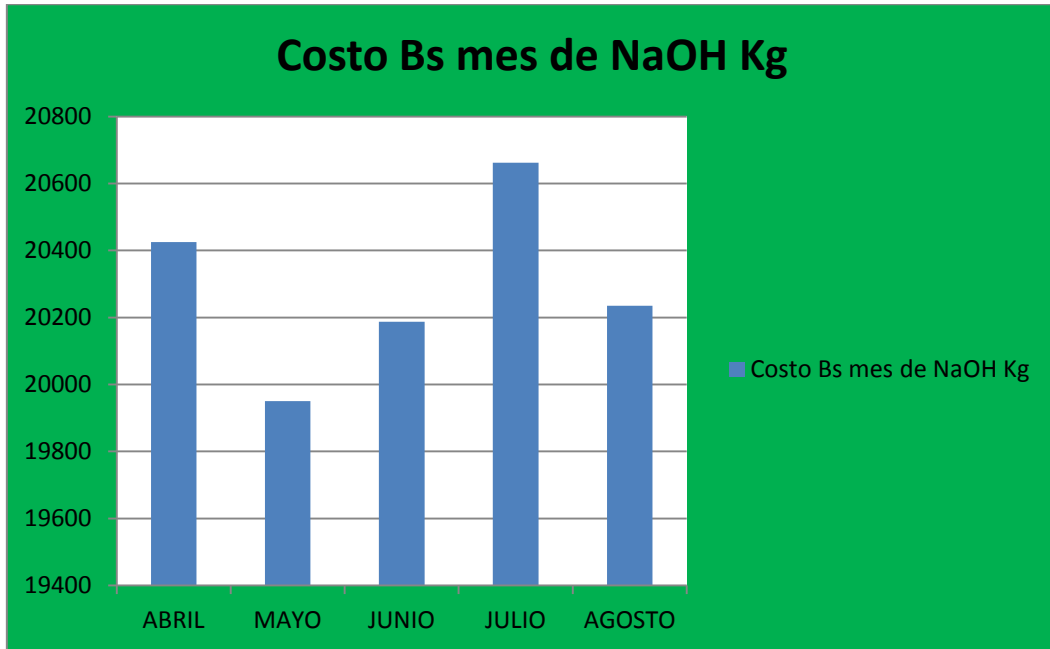
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en SOALPRO Srl.

Figura 4. 8. Consumo mes de HNO3 (Kg)



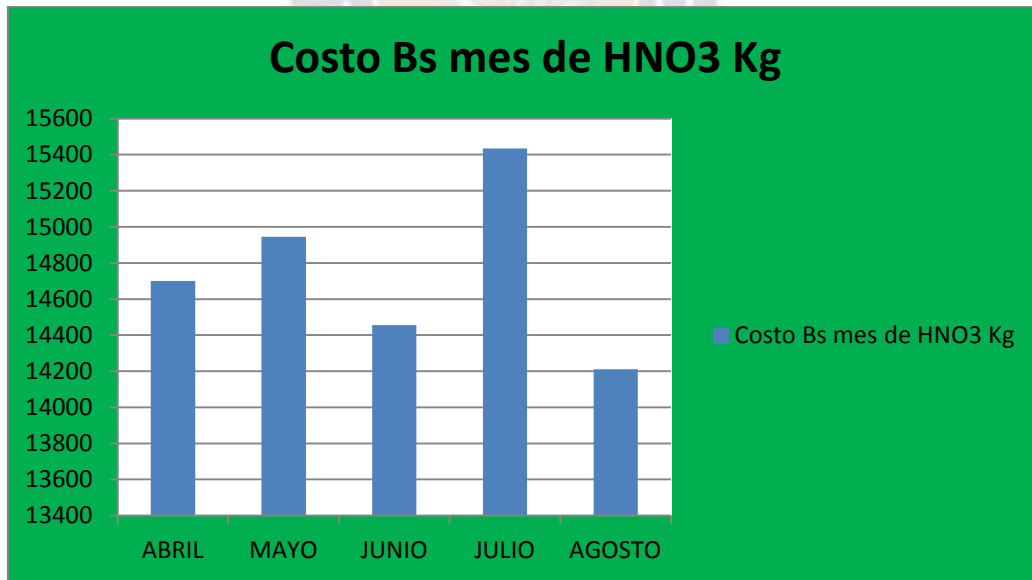
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en SOALPRO Srl.

Figura 4. 9. Costo Bs mes de NaOH Kg



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en SOALPRO Srl.

Figura 4. 10. Costo Bs mes de HNO3 Kg



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en SOALPRO Srl.

4.1.9. Control microbiológico del método CIP, durante la etapa de evaluación para tanques elaboración.

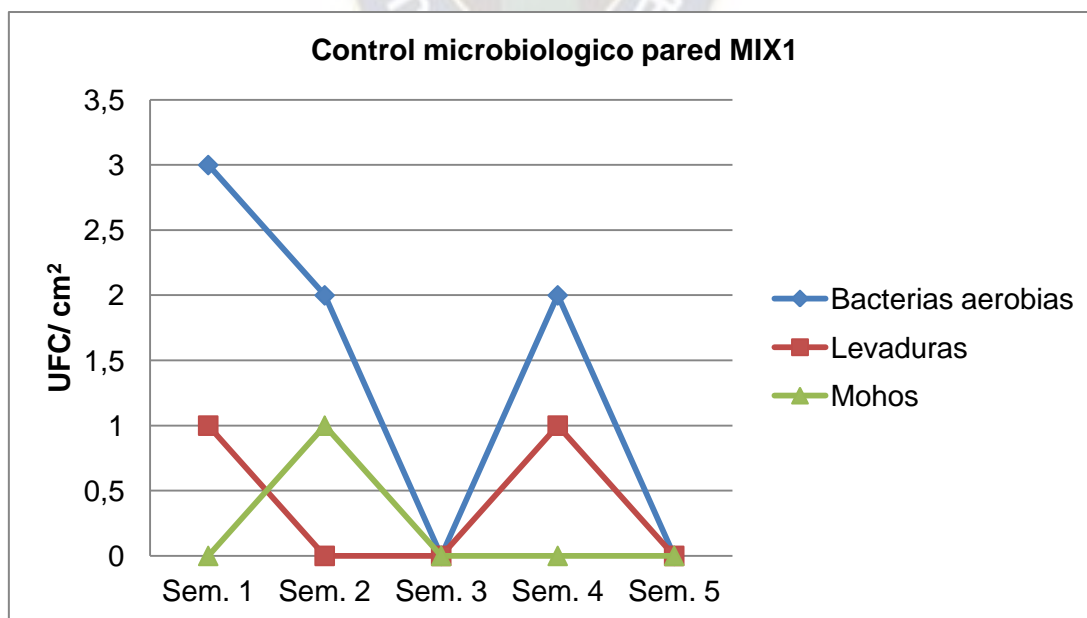
Los valores máximos de trabajo permitidos para bacterias aerobias es de 10 UFC/cm²
 Valores máximos de trabajo permitidos de levaduras y Mohos es de 8 UFC/cm²

Tabla 4. 17. Recuento de UFC/25 cm² pared MIX1

| Pared | Bacterias Aerobias | Levaduras | Mohos |
|----------|--------------------|-----------|-------|
| Semana 1 | 2 | 0 | 0 |
| Semana 2 | 1 | 2 | 0 |
| Semana 3 | 0 | 0 | 0 |
| Semana 4 | 0 | 1 | 0 |
| Semana 5 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. 11. Control microbiológico pared MIX1



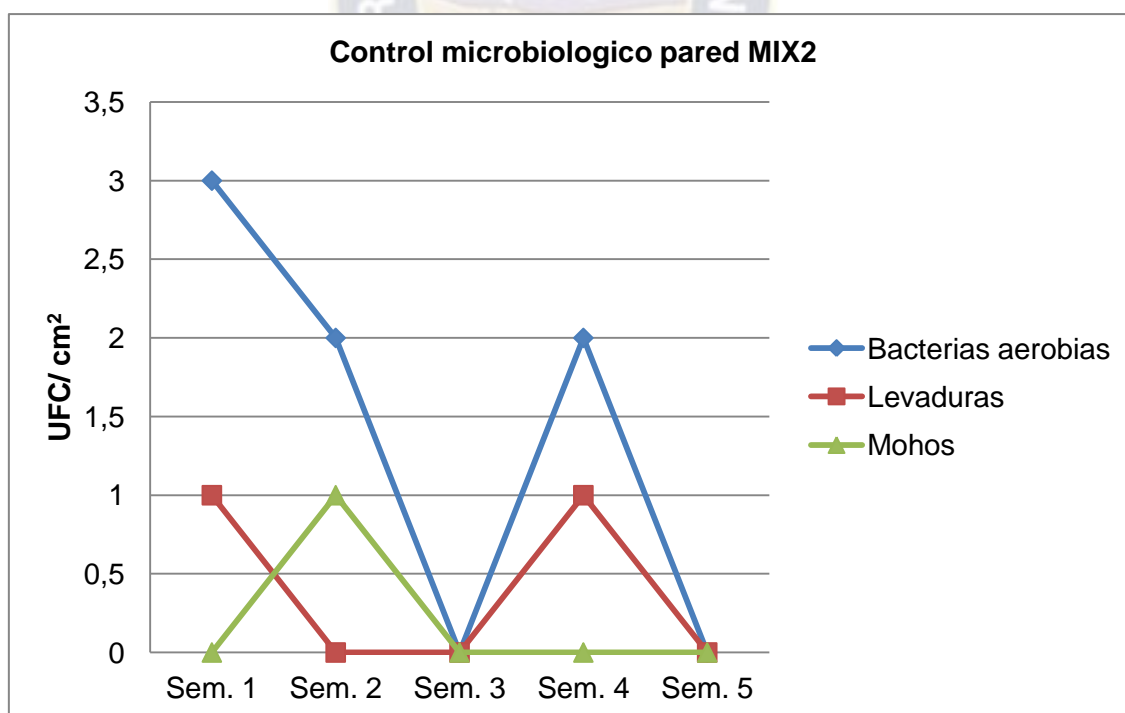
Fuente: Elaboración

Tabla 4. 18. Recuento de UFC/25 cm² pared MIX2

| Pared | Bacterias Aerobias | Levaduras | Mohos |
|----------|--------------------|-----------|-------|
| Semana 1 | 0 | 1 | 0 |
| Semana 2 | 4 | 0 | 0 |
| Semana 3 | 0 | 0 | 0 |
| Semana 4 | 2 | 1 | 0 |
| Semana 5 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. 12. Control microbiológico pared MIX2



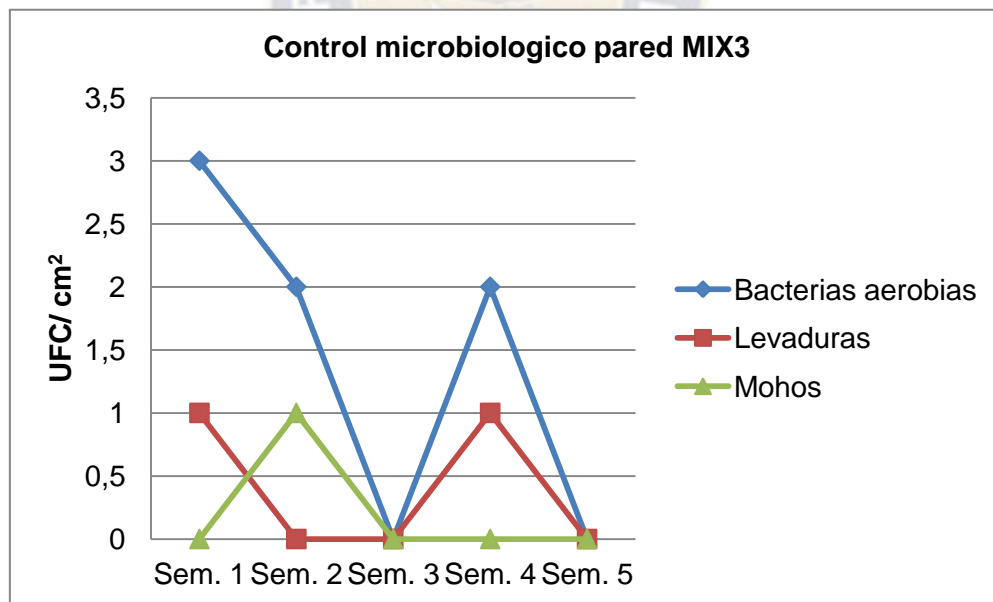
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 19. Recuento de UFC/25 cm² pared MIX3

| Pared | Bacterias Aerobias | Levaduras | Mohos |
|----------|--------------------|-----------|-------|
| Semana 1 | 3 | 1 | 0 |
| Semana 2 | 2 | 0 | 1 |
| Semana 3 | 0 | 0 | 0 |
| Semana 4 | 1 | 1 | 0 |
| Semana 5 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. 13. Control microbiológico pared MIX3



Fuente: Elaboración propia

4.1.10. Detección de fallas en los cumplimientos de los parámetros en el sistema CIP.

En esta parte de la etapa de evaluación se comparara los parámetros obtenidos en planta con parámetros recomendados y normas para una limpieza efectiva y así detectar posibles fallas en las mismas.

Acción mecánica:

Se toma referencia parámetros del anexo 18 y velocidades de tabla 3.1

Tabla 4. 20. Parámetros referencia Acción mecánica

| Parámetros | D int. (mm) | T (°C) | V (m/s) | Q (m ³ /h) | N _{Re} |
|-------------------|-------------|--------|---------|-----------------------|-----------------|
| Mínimos | 40 | 70 | 1.5 | 7 | 147390 |
| Norma recomendada | 40 | 70 | 1.8 | 9 | 176868 |
| Máximos | 40 | 70 | 4.0 | 18 | 393041 |

FUENTE: Pedro pozuelo sistema de limpieza CIP

Tabla 4. 21. Parámetros tomados en planta Acción mecánica

| Etapa | D (mm) | T °C | V (m/s) | Q (m ³ /h) | N _{Re} |
|------------|--------|-------|---------|-----------------------|-----------------|
| CIP a MIX1 | 40.9 | 68.0 | 2.32 | 10.98 | 221156.8 |
| MIX1 a CIP | 40.9 | 67.7 | 2.12 | 10.01 | 202091.6 |
| CIP a MIX2 | 40.9 | 73.2 | 2.24 | 10.58 | 228665.1 |
| MIX2 a CIP | 40.9 | 72.6 | 2.49 | 11.82 | 252387.9 |
| CIP a MIX3 | 40.9 | 71.99 | 2.31 | 10.94 | 232413.6 |
| MIX3 a CIP | 40.9 | 72.77 | 2.29 | 10.84 | 232627.2 |

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en planta

- Como se puede ver en las tablas 4.9 y 4.10 y haciendo una comparación existe una tendencia entre la norma recomendada y valores máximos de forma aleatoria no se cuenta con valores máximos y mínimos en planta.
- Se observa un desfase entre caudales de envío y retorno las cuales pueden dañar el equipo del sistema (bolsas de aire).
- Se pudo observar problemas de cobertura en algunas líneas de producción las cuales pueden ocasionar diferentes focos de contaminación alterando el producto.
- Se evidencio la falta de conocimiento sobre el sistema de limpieza CIP del personal operario (lo hacen empírico).
- Se evidencio en la manipulación de los equipos el cierre brusco de llaves ocasionando golpe de ariete (alternancia de depresiones y sobrepresiones al movimiento oscilatorio del fluido dentro de la tubería), los cuales puede ocasionar que los accesorios y uniones queden sueltas dando a lugar fugas de fluido.
- Se observo el mal uso de recursos hídricos como en rebases de los tanques CIP mangueras de limpieza abiertas sin uso, el cual afecta al caudal de llenado tanques CIP y producción.

Acción química.

En esta etapa de la evaluación se compara concentraciones recomendadas por bibliografía y normas establecidas con concentraciones obtenidas en planta.

Tabla 4. 22. Concentraciones norma y planta

| A | Concentración (%) planta | Concentración (%) Norma NaOH | Concentración (%) norma planta NaOH |
|------|---------------------------|--|---|
| MIX1 | $C_{\text{NaOH}} = 2.17$ | 1.5 – 2.0 | 1.5 – 2.5 |
| | $C_{\text{HNO}_3} = 2.23$ | | |
| MIX2 | $C_{\text{NaOH}} = 2.21$ | Concentración (%) Norma HNO_3 | Concentración (%) norma planta HNO_3 |
| | $C_{\text{HNO}_3} = 2.13$ | | |
| MIX3 | $C_{\text{NaOH}} = 2.16$ | 1.5 – 2.0 | 1.5 – 2.5 |
| | $C_{\text{HNO}_3} = 2.17$ | | |

Fuente: Proveedor Magger ingeniería y planta lácteos SOALPRO Srl.

- Claramente existe diferencias en las concentraciones de planta, norma recomendada y norma de planta esto puede traer problemas de lectura en registros para trazabilidad.
- Según la norma recomienda el uso de concentraciones de soda desde (1.5 a 2.0) % y concentraciones acidas desde (1.5 a 2) % por ser soluciones altamente corrosivas. Y tomando como referencia estos parámetros se sale de rango.
- En cuanto a normas de planta si bien se cumple, hay algunas deficiencias de parámetros que se salen de rango.

Temperatura.

Las temperaturas obtenidas en planta se compararon con referencias bibliográficas y norma planta.

Y se muestran a continuación:

Tabla 4. 23. Temperaturas planta y norma

| A | Temp.(°C) de planta | Temp.(°C) Norma recomendada | Temp. (°C) Norma planta |
|------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|
| MIX1 | $T_{H_2O} = 67.90$ | 60-80 | 65-80 |
| | $T_{NaOH} = 70.94$ | 60-80 | 65-80 |
| | $T_{HNO_3} = 70.97$ | 60-80 | 65-80 |
| MIX2 | $T_{H_2O} = 72.89$ | 60-80 | 65-80 |
| | $T_{NaOH} = 70.25$ | 60-80 | 65-80 |
| | $T_{HNO_3} = 70.87$ | 60-80 | 65-80 |
| MIX3 | $T_{H_2O} = 72.38$ | 60-80 | 65-80 |
| | $T_{NaOH} = 75.38$ | 60-80 | 65-80 |
| | $T_{HNO_3} = 70.37$ | 60-80 | 65-80 |

Fuente: Elaboración propia

Haciendo la evaluación de temperatura con: norma recomendada y Norma planta se observó que se cumplen con los parámetros recomendados y parámetros de planta.

Tiempo.

Evaluando el tiempo de contacto con la solución de limpieza se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 4. 24. Tiempo de limpieza CIP

| Tiempo norma recomendado (Higiene alimentaria de Pedro pozuelo) | | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Nº | T _{enjuague} (min.) | T _{NaOH} (min.) | T _{enjuague} (min.) | T _{HNO3} (min.) | T _{enjuague final} (min.) | T _{total} (min.) |
| 1 | 3 a 5 | 10 a 15 | 3 a 5 | 10 a 15 | 15 a 20 | 41 a 60 |
| Tiempo norma planta | | | | | | |
| Nº | T _{enjuague} (min.) | T _{NaOH} (min.) | T _{enjuague} (min.) | T _{HNO3} (min.) | T _{enjuague final} (min.) | T _{total} (min.) |
| 1 | 5 | 10 a 15 | 3 a 5 | 10 a 15 | 15 a 20 | 45 a 60 |

Fuentes: Pedro pozuelo sistema de limpieza CIP y Planta lácteos SOALPRO Srl

Tabla 4. 25. Tiempo de operación limpieza CIP

| Tanque MIX1 | | | | | | |
|--------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Nº | T _{enjuague} (min.) | T _{NaOH} (min.) | T _{enjuague} (min.) | T _{HNO3} (min.) | T _{enjuague final} (min.) | T _{total} (min.) |
| 1 | 3 | 10 | 2 | 10 | 15 | 40 |
| 2 | 3 | 10 | 5 | 10 | 15 | 43 |
| 3 | 5 | 8 | 3 | 12 | 20 | 48 |
| 4 | 3 | 10 | 5 | 10 | 15 | 43 |
| 5 | 5 | 12 | 3 | 11 | 16 | 47 |
| 6 | 3 | 14 | 2 | 12 | 17 | 48 |
| 7 | 2 | 10 | 2 | 10 | 18 | 42 |
| 8 | 3 | 10 | 3 | 10 | 15 | 41 |
| 9 | 3 | 11 | 2 | 14 | 16 | 46 |
| 10 | 2 | 13 | 2 | 10 | 15 | 42 |
| Prom. | 3,2 | 10,8 | 2,9 | 10,9 | 16,2 | 44 |

| Tanque MIX2 | | | | | | |
|--------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Nº | T _{enjuague} (min.) | T _{NaOH} (min.) | T _{enjuague} (min.) | T _{HNO3} (min.) | T _{enjuague final} (min.) | T _{total} (min.) |
| 1 | 3 | 10 | 2 | 10 | 15 | 40 |
| 2 | 3 | 10 | 5 | 10 | 15 | 43 |
| 3 | 5 | 10 | 3 | 12 | 20 | 50 |
| 4 | 4 | 10 | 5 | 10 | 15 | 44 |
| 5 | 5 | 8 | 3 | 11 | 16 | 47 |
| 6 | 3 | 14 | 2 | 10 | 17 | 46 |
| 7 | 2 | 10 | 2 | 10 | 18 | 42 |
| 8 | 2 | 9 | 3 | 9 | 15 | 38 |
| 9 | 3 | 11 | 2 | 11 | 16 | 43 |
| 10 | 2 | 13 | 2 | 10 | 15 | 42 |
| Prom. | 3,2 | 10,9 | 2,9 | 10,3 | 16,2 | 43,5 |

| Tanque MIX3 | | | | | | |
|--------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Nº | T _{enjuague} (min.) | T _{NaOH} (min.) | T _{enjuague} (min.) | T _{HNO3} (min.) | T _{enjuague final} (min.) | T _{total} (min.) |
| 1 | 2 | 10 | 2 | 10 | 15 | 39 |
| 2 | 3 | 10 | 5 | 10 | 15 | 43 |
| 3 | 5 | 11 | 3 | 12 | 17 | 48 |
| 4 | 3 | 8 | 5 | 11 | 15 | 44 |
| 5 | 5 | 10 | 3 | 11 | 15 | 44 |
| 6 | 3 | 10 | 2 | 10 | 17 | 42 |
| 7 | 2 | 10 | 2 | 10 | 16 | 40 |
| 8 | 3 | 10 | 3 | 9 | 15 | 40 |
| 9 | 3 | 11 | 2 | 14 | 16 | 46 |
| 10 | 2 | 12 | 2 | 10 | 20 | 46 |
| Prom. | 3,1 | 10,4 | 2,9 | 10,7 | 16,1 | 43,2 |

Fuente: elaboración propia en base a datos de planta

Evaluando los tiempos obtenidos en planta y comparando con parámetros recomendados y parámetros planta se observa lo siguiente.

- En el tiempo de pre enjuague existe discrepancia con la referencia en planta se objeta el tipo de suciedad o producto en función a la viscosidad de producto elaborado antes del lavado.
- En el tiempo de enjuague intermedio se observa de la misma manera discrepancia en el tiempo con referencia a planta.
- En los tiempos de solución alcalina y acida se observa un ligero desfase comparado con la referencia.
- Enjuague final se observa la falta de control por parte de laboratorio analistas.

Control Microbiológico de limpieza CIP.

Como se observa en las Tablas 4.9, 4.10 y 4.11 los resultados microbiológicos obtenidos después de haberse llevado a cabo el proceso de saneamiento CIP, dieron en consecuencia una población bacteriana y de levaduras mínima, encontrándolos por debajo de los valores máximos permitidos. También se evidencia la reducción total de mohos, lo que evidencia la efectividad del proceso de saneamiento aplicado.

4.1.11. Propuesta de posibles soluciones para la corrección de fallas.

Acción mecánica.

- Tomando como referencia los parámetros de las tablas 4.9 y 4.10 se sugiere tener los siguientes parámetros mínimos y máximos de trabajo para tener una mejor limpieza de tanques y equipos.

Tabla 4. 26. Acción mecánica Parámetros máximos y mínimos

| Parámetros | D int. (mm) | T (°C) | V (m/s) | Q (m ³ /h) | N _{Re} |
|------------|-------------|--------|---------|-----------------------|-----------------|
| Mínimo | 40 | 70 | 1.8 | 9 | 176868 |
| Máximo | 40 | 70 | 4.0 | 18 | 393041 |

FUENTE: Pedro pozuelo sistema de limpieza CIP

- Para la corrección de desfase de caudales se sugiere incorporar caudalímetros para controlar mejor los caudales de trabajo.
- Para el problema de cobertura en líneas de trabajo se sugiere hacer un desmontaje para un lavado manual y posteriormente hacer un rediseño de la línea de lavado para subsanar este problema. También hacer notar la importancia del lavado de toda la superficie que es parte de la línea de producción.
- Se propone capsulas de capacitación para el personal que es parte del proceso de producción en planta como ser operarios y analistas de producción.
- Se propone capsulas de información para operarios sobre la manipulación de equipos en este caso manipulación de válvulas, para un correcto uso de las mismas.
- Se propone una concientización del uso efectivo de recursos hídricos y de la importancia de su impacto en el medio ambiente y consumo humano.

Acción química.

- Se sugiere una sola norma de concentraciones de soluciones para una mejor función de las mismas, se pueda realizar una mejor trazabilidad y cuidar los equipos de trabajo ya que estas soluciones son muy corrosivas.

Tabla 4. 27. Norma ideal de concentración de trabajo

| |
|---|
| Concentración (%) Norma NaOH |
| 2.0 |
| Concentración (%) Norma HNO ₃ |
| 2.0 |

Fuente: Omar Torrecilla Gonzales limpieza química en industria láctea y proveedor

- Se recomienda un mayor control en la preparación de soluciones y monitoreo constante de las mismas ya que puede ocasionar problemas mal lavado de equipos y tanques.

Temperatura.

En la evaluación de las temperaturas de trabajo no se detecto desfase de parámetros comparados con los recomendados y de planta sin embargo se sugiere incorporar termómetros a los tanques de CIP para un mejor control ya que se usa un termómetro portátil.

Figura 4. 14. Termómetro de control



Fuente: Termometros_Bimetalicos.html

Tiempo.

- Como se observo existen diferencias en los parámetros máximos y mínimos con referencia a norma recomendada y de planta se sugiere los siguientes parámetros de control.

Tabla 4. 28. Tiempos recomendados de trabajo

| Tiempos recomendados | | | | | | |
|----------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Nº | T _{enjuague} (min.) | T _{NaOH} (min.) | T _{enjuague} (min.) | T _{HNO3} (min.) | T _{enjuague final} (min.) | T _{total} (min.) |
| 1 | 5 | 10 | 5 | 10 | 20 | 50 |

Fuente: Omar Torrecilla Gonzales limpieza química en industria láctea

Es importante recalcar el uso correcto de recursos hídricos sin tener impacto en producción y el medio ambiente.

- Se sugiere ser más minuciosos y participes del sistema de limpieza CIP, no solo de calidad o producción, si no todos los implicados en el proceso y concientizar a todos sobre la importancia de su control para una mejor calidad.

The logo of Universidad Mayor Pacensis Divinorum is a circular emblem. It features a central sun with rays, a landscape with a river and hills, and a figure holding a staff. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVINORUM" is written around the perimeter. Below the emblem is a green ribbon with a star and a cross.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La realización de las conclusiones fue hecha en base a los objetivos planteados en el primer capítulo. Mientras que la realización de recomendaciones se hizo en base a los resultados de los objetivos, expuestos en el capítulo cuatro. A continuación se muestran las conclusiones del Proyecto.

5.1.1. Conclusiones del Proyecto en Base a Objetivos.

5.1.1.1. Determinación y evaluación de los parámetros del sistema de operación de

Limpieza CIP de tanques de preparación y tuberías en la planta de lácteos de la Empresa SOALPRO Srl.

Se determino los parámetros de limpieza CIP y comparó con parámetros norma y se realizo la evaluación de los mismos, como se puede ver en las siguientes tablas:

Acción mecánica.

Tabla 5. 1. Parámetros Determinados promedios para lavado tanque MIX1

| OPERACIÓN | VELOCIDAD (m/s) | Re | Q (m ³ /h) | h _T (m) |
|-----------|-----------------|----------|-----------------------|--------------------|
| ENVIO | 2.32 | 221156.8 | 10.98 | 8.99 |
| RETORNO | 2.12 | 202091.6 | 10.01 | 8.79 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. 2. Parámetros Determinados promedios para lavado tanque MIX2

| OPERACIÓN | VELOCIDAD (m/s) | Re | Q (m ³ /h) | h _T (m) |
|-----------|-----------------|----------|-----------------------|--------------------|
| ENVIO | 2.24 | 228665.1 | 10.58 | 8.90 |
| RETORNO | 2.49 | 252327.9 | 11.82 | 11.58 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. 3. Parámetros Determinados promedios para lavado tanque MIX3

| OPERACIÓN | VELOCIDAD (m/s) | Re | Q (m ³ /h) | h _T (m) |
|-----------|-----------------|----------|-----------------------|--------------------|
| ENVIO | 2.31 | 232413.6 | 10.94 | 9.90 |
| RETORNO | 2.29 | 232627.2 | 10.84 | 10.26 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. 4. Parámetros máximos y mínimos Acción mecánica

| Parámetros | V (m/s) | Q (m ³ /h) | N _{Re} |
|------------|---------|-----------------------|-----------------|
| Mínimo | 1.8 | 9 | 176868 |
| Máximo | 4.0 | 18 | 393041 |

FUENTE: Pedro pozuelo sistema de limpieza CIP

Acción química, Temperatura y tiempo.

Tabla 5. 5. Parámetros promedios Acción química, Temperatura y tiempo planta lácteos

| Descripción | Tanque MIX1 | | | Tanque MIX2 | | | Tanque MIX3 | | |
|-------------------------------|---------------|-----------|-----------|---------------|------------|-----------|---------------|------------|-----------|
| | Tiempo (Min.) | Tem. (°C) | Conc. (%) | Tiempo (Min.) | Temp. (°C) | Conc. (%) | Tiempo (Min.) | Temp. (°C) | Conc. (%) |
| Pre enjuague | 3.2 | 65.1 | ---- | 3.2 | 65.3 | ----- | 3.1 | 65.5 | ---- |
| Limpieza con NaOH | 10.8 | 70.7 | 2.17 | 10.9 | 70.25 | 2.21 | 10.4 | 75.38 | 2.16 |
| Enjuague intermedio | 2.9 | 68.0 | ---- | 2.9 | 73.2 | ---- | 2.9 | 71.99 | ---- |
| Limpieza con HNO ₃ | 10.9 | 70.9 | 2.23 | 10.3 | 70.97 | 2.13 | 10.7 | 70.37 | 2.17 |
| Enjuague final | 16.2 | 68.0 | ---- | 16.2 | 73.2 | ---- | 16.1 | 71.99 | ----- |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. 6. Concentración, tiempo y temperatura. Parámetros norma recomendados

| Descripción | Lavado de tanques | | |
|-------------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| | Tiempo (Min.) | Tem. (°C) | Conc. (%) |
| Pre enjuague | 3-5 | 50-60 | ---- |
| Limpieza con NaOH | 10-15 | 65-80 | 2 |
| Enjuague intermedio | 3-5 | 65-80 | ---- |
| Limpieza con HNO ₃ | 10-15 | 65-80 | 2 |
| Enjuague final | 15-20 | 65-80 | ---- |

Fuente: Magger ingeniería Srl. y sistema de limpieza CIP de Pedro Pozuelo

5.1.1.2. Detección de posibles fallas en el cumplimiento de los parámetros de operación de limpieza CIP.

Después de determinar los parámetros de trabajo se comparó con normas recomendadas por el proveedor y referencias bibliográficas y se evaluó las mismas, detectando las siguientes fallas:

Acción Mecánica.

- Existe un desfase entre caudales de envío y retorno de soluciones los cuales pueden crear bolsas de aire, daños a los equipos y una deficiente limpieza.

Tabla 5. 7. Caudales promedio de trabajo

| OPERACIÓN | MIX1 | MIX2 | MIX3 |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Q (m ³ /h) | Q (m ³ /h) | Q (m ³ /h) |
| ENVIÓ | 10.98 | 10.58 | 10.94 |
| RETORNO | 10.01 | 11.82 | 10.84 |

Fuente: Elaboración propia

- Problemas de cobertura en algunas líneas de producción los cuales pueden generar focos de contaminación.

Acción química.

- Existe una diferencia de rangos de control de concentraciones ya que de planta se tiene una y norma otra como se ve a continuación.

Tabla 5. 8. Rango de concentraciones en (%) planta y norma

| PLANTA | | NORMA RECOMENDADA POR PROVEEDOR Y BIBLIOGRAFIA | |
|----------|----------------------|--|----------------------|
| NaOH (%) | HNO ₃ (%) | NaOH (%) | HNO ₃ (%) |
| 1.5-2.5 | 1.5-2.5 | 2 | 2 |

Fuente. Elaboración propia y proveedor Magger ingeniería Srl

- Existe la falta de control a la hora de realizar la corrección de concentración de soluciones de trabajo.

Temperatura.

- Después de evaluar la temperatura de trabajo se observó que la temperatura de pre enjuague no entra norma, lo cual al ser elevada puede generar la desnaturalización de la proteína presente en el tanque y líneas, haciendo difícil la limpieza con las soluciones.

Tabla 5. 9. Temperatura pre enjuague planta y norma

| TEMPERATURA DE PRE ENJUAGUE PLANTA (°C) | TEMPERATURA DE PRE ENJUAGUE NORMA (°C) |
|---|--|
| 65.2 | 50-60 |

Fuente: Elaboración propia

Tiempo.

- Existe una diferencia de tiempo en pre-enjuague, enjuague intermedio y enjuague final como se ve a continuación:

Tabla 5. 10. Tiempo enjuague inicial, intermedio y final Planta y Norma

| OPERACIÓN TIEMPO | MIX1 | | MIX2 | | MIX3 | |
|---------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | PLANTA | NORMA | PLANTA | NORMA | PLANTA | NORMA |
| PRE ENJUAGUE (min) | 3.2 | 5 | 3.2 | 5 | 3.1 | 5 |
| ENJUAGUE INTERMEDIO (min) | 2.9 | 3-5 | 2.9 | 3-5 | 2.9 | 3-5 |
| ENJUAGUE FINAL (min) | 16.2 | 15-20 | 16.2 | 15-20 | 16.1 | 15-20 |

Fuente: elaboración propia

5.1.1.3. Proponer una mejora en la operación de limpieza CIP, mediante parámetros de trabajo obtenidos según la evaluación.

Después de detectar las fallas en la operación de limpieza CIP, se propone lo siguiente según parámetros evaluados.

Acción mecánica.

- Para corrección de desfase de caudales se propone incorporar caudalímetros a las líneas de envío y retorno, para un trabajo eficiente y así tener una turbulencia constante.
- Para corrección de cobertura en líneas de trabajo se propone un rediseño de la línea de lavado para efectivizar la limpieza.
- Para finalizar los parámetros obtenidos en planta cumplen con normas de trabajo recomendado con bibliografía y proveedor las cuales se obtuvo con este proyecto.

Acción química.

- En este punto existe una diferencia con los rangos de control de planta, norma y bibliografía, para esto se tuvo que analizar el tipo de producto elaborado en estos tanques, los cuales tiene una carga proteica alta como ser bebida láctea y yogurt que es de acuerdo al tipo de preparación. Tomando en cuenta esto justifica el rango de planta utilizado con una concentración de 2 (+/-) 0.5 %
- Para finalizar los parámetros de trabajo con la explicación hecha entra en norma de trabajo

Temperatura.

- Se propone realizar la compra de termómetros para incorporar a los tanques de limpieza CIP, para un mejor control ya que se lo realiza con un termómetro móvil la cual se tiene un uso distinto.
- Se propone un mayor control en las temperatura de pre enjuague ya dificulta la limpieza posterior.
- Se propone hacer mas participe al departamento de control de calidad.

Tiempo.

- Se propone un mayor control en los tiempos de enjuague y información sobre su importancia explicando el impacto en producción “**una limpieza rápida no es una buena limpieza**”, esto genera otro tiempo de limpieza, costo, mano de obra en resumen un perjuicio.

5.1.1.4. Estimar el costo actual de operación de limpieza C.I.P.

Con los datos obtenidos en planta se estimo el costo de operación de limpieza CIP por tanque y por los tres tanques de elaboración como se ve a continuación.

Tabla 5. 11. Costo de operación limpieza CIP por tanque y Total

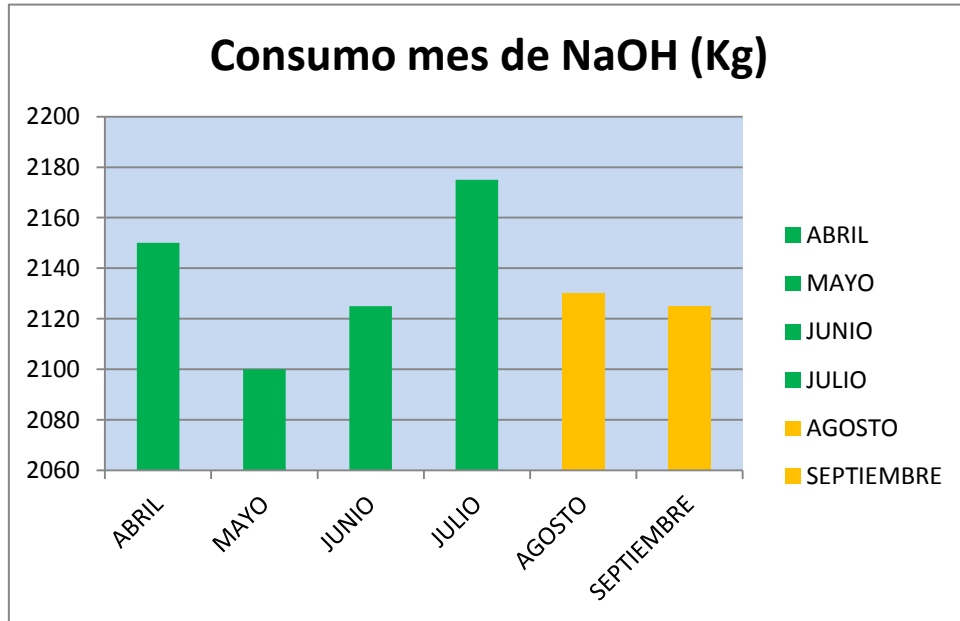
| COSTO DE OPERACIÓN LIMPIEZA CIP TANQUE (Bs) | COSTO DE OPERACIÓN LIMPIEZA CIP TOTAL (Bs) |
|---|--|
| 414.71 | 1244.13 |

Fuente: Soalpro Srl.

5.1.1.5. Proponer una mejora en el costo de operación de limpieza CIP.

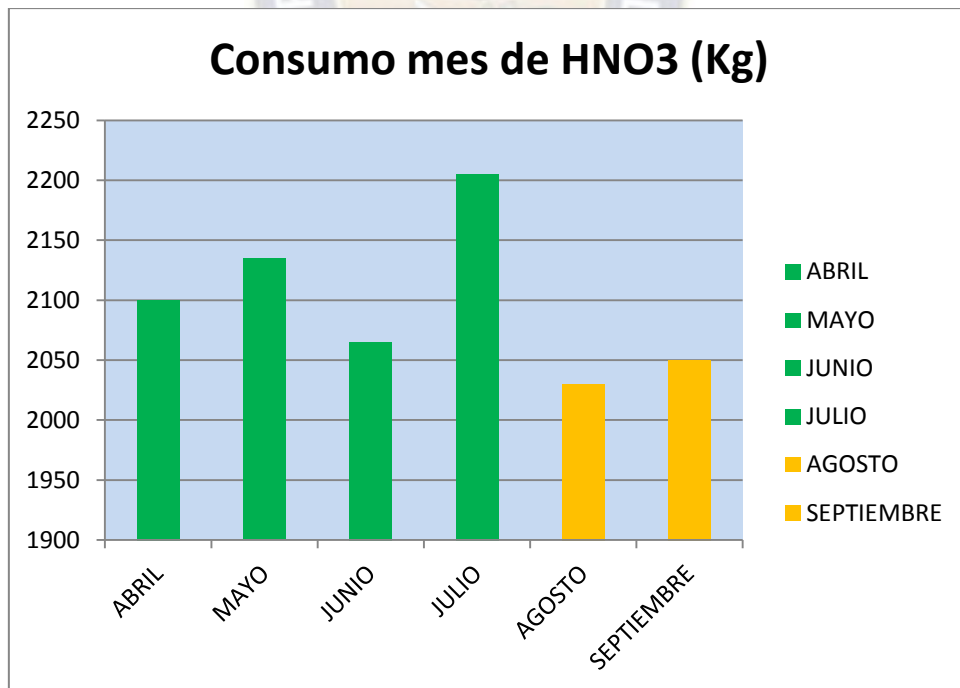
Luego de evaluar el costo de operación de limpieza CIP no se pudo mejorar el costo actual ya que se trabaja con costos mínimos. Por otro lado se hizo una estabilización en el consumo de detergentes, optimizando el uso de los mismos y un buen control de limpieza dando como resultado lo siguiente:

Tabla 5. 12. Consumo mes de NaOH (Kg) Etapa evaluación y mejora



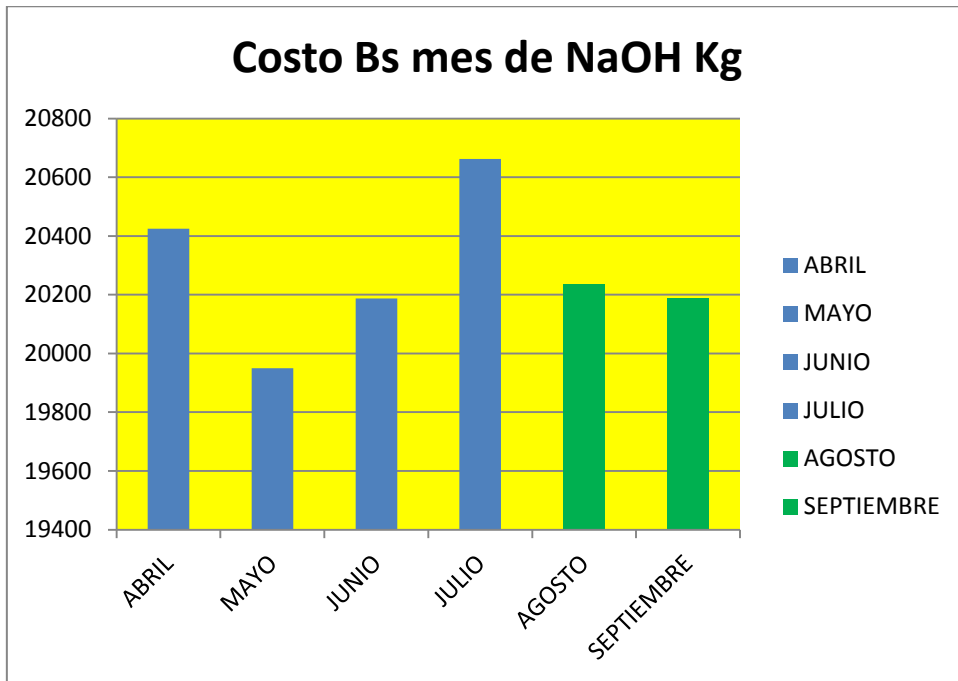
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. 13. Consumo mes de HNO₃ (Kg) Etapa evaluación y mejora



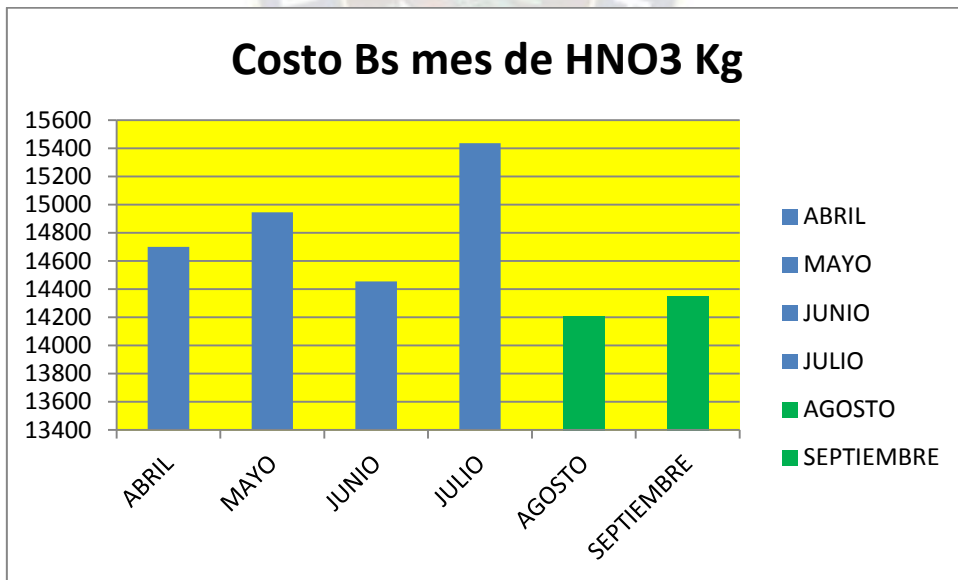
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. 14. Costo mes de NaOH Etapa evaluación y mejora



Fuente: elaboración propia

Tabla 5. 15. Costo mes de HNO3 Etapa evaluación y mejora



fuentes: Elaboración propia

5.1.2. Recomendaciones.

- Continuar con los controles periódicos de las variables de saneamiento en el momento de realizar el proceso de limpieza y sanitización de superficies internas de tanques de elaboración, esto colabora a soportar la calidad del saneamiento.
- Continuar con la evaluación de los parámetros del sistema de limpieza CIP de los demás tanques de producción como ser tanques de fermentación, saborizado y pasteurizadores.
- Todos los implementos de aseo como cepillos y escobas no deben mantenerse directamente sobre el piso, estos y otros artículos deben mantenerse en lugares adecuados de uso exclusivo para tal fin, suspendidos en el aire o sobre una superficie limpia cuando no estén en uso.
- Realizar periódicamente capacitaciones y evaluaciones a los operarios para afianzar los conocimientos en las labores de limpieza y desinfección de equipos y de higiene en general.
- Dar mayor información al personal encargado del sistema de limpieza CIP sobre el uso efectivo de recursos hídricos, manejo correcto de los equipos y los detergentes usados, para una mayor eficiencia y mejora continua de limpieza y saneamiento.



CAPITULO VI BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS

CAPITULO VI

5.1. Bibliografía y anexos.

5.1.1. Bibliografía.

1. Joaquín, Ocon García y Gabriel, Tojo Berreiro. Problemas de ingeniería química Operaciones básicas. Tercera. Madrid: Aguilar, 1968.
2. C. J. Geankoplis, Procesos de transporte y operaciones unitarias.
3. Manual de saneamiento sistema C.I.P. de la planta de lácteos SOALPRO Srl
4. J. Cohello 2008, Ensayos de rozamiento plano sobre aceros inoxidable austeníticos con diferente acabado.
5. Mecánica de fluidos, Yunus A. Cengel, Jhon M. Cimbala.
6. Proyecto de grado: Optimización de los métodos de limpieza CIP y FOB en tanques de jarabe simple y terminado en la cervecería boliviana nacional s.a. planta gaseosas el alto, de Anelin Nirvana Adrian Rojas.
7. Pasantía: Evaluación del rendimiento de los sistemas de limpieza CIP. Caso Cervecería Polar los cortijos Venezuela, de Gustavo Adolfo Romero.
8. Trabajo de grado: Diseño e implementación de sistema CIP para industria Productora de leche, de Adriana Rangel Muñoz, Jorge Armando Toledo Alfonzo, Ligia Ximena Cely Gonzales.

5.1.2. Bibliografía electrónica.

1. http://www.edelflex.com/sites/default/files/articulo_edelflex_cip.pdf
2. <http://www.indisa.com/indisaonline/antiores/Indisa%20On%20line%2035.pdf>
3. <http://www.webs.ulpgc.es/hbg/lactologia/KIA/TLD%20INDUS.pdf>
4. <http://www.fcv.unl.edu.ar/archivos/grado/catedras/tecnologialeche/informacion/limpieza.pdf>.
5. <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis207.pdf>
6. data.irestal.com/files/files/2012030204152933979.pdf
7. Wikipedia

5.2. Anexos.

ANEXO 1

Sala de procesos planta lacteos SOALPRO Srl.



Fuente: SOALPRO Srl

Tanques de elaboración MIX1, MIX2, MIX3.



Fuente: SOALPRO Srl

ANEXO 2

Estación de limpieza CIP y bomba de envío planta lácteos



Fuente: SOALPRO Srl

Tuberías y bomba de retorno CIP



Fuente: SOALPRO Srl

ANEXO 3

Caudales de envío y retorno MIX1

| MIX1 Caudal envío | | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| °N | V (L) | T (s) |
| 1 | 20 | 6,57 |
| 2 | 20 | 6,48 |
| 3 | 20 | 6,6 |
| 4 | 20 | 6,53 |
| 5 | 20 | 6,62 |
| 6 | 20 | 6,62 |
| 7 | 20 | 6,38 |
| 8 | 20 | 6,58 |
| 9 | 20 | 6,65 |
| 10 | 20 | 6,55 |
| Promedio | 20 | 6,558 |
| Q (l/s) | Q (m ³ /h) | Q (m ³ /s) |
| 3,0497103 | 10,978957 | 0,0030497 |

| MIX1 Caudal retorno | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| °N | V (L) | T (s) |
| 1 | 20 | 7,26 |
| 2 | 20 | 7,12 |
| 3 | 20 | 7,16 |
| 4 | 20 | 7,21 |
| 5 | 20 | 7,1 |
| 6 | 20 | 7,15 |
| 7 | 20 | 7,21 |
| 8 | 20 | 7,13 |
| 9 | 20 | 7,24 |
| 10 | 20 | 7,35 |
| Promedio | 20 | 7,193 |
| Q (l/s) | Q (m ³ /h) | Q (m ³ /s) |
| 2,780481 | 10,009732 | 0,0027805 |

Caudales de envío y retorno MIX2

| MIX2 Caudal envío | | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| °N | V (L) | T (s) |
| 1 | 20 | 6,81 |
| 2 | 20 | 6,78 |
| 3 | 20 | 6,92 |
| 4 | 20 | 6,71 |
| 5 | 20 | 6,79 |
| 6 | 20 | 6,85 |
| 7 | 20 | 6,83 |
| 8 | 20 | 6,75 |
| 9 | 20 | 6,85 |
| 10 | 20 | 6,76 |
| Promedio | 20 | 6,805 |
| Q (l/s) | Q (m ³ /h) | Q (m ³ /s) |
| 2,9390154 | 10,580456 | 0,002939 |

| MIX2 Caudal retorno | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| °N | V (L) | T (s) |
| 1 | 20 | 6,19 |
| 2 | 20 | 6,2 |
| 3 | 20 | 6,42 |
| 4 | 20 | 6,82 |
| 5 | 20 | 6,8 |
| 6 | 20 | 6,75 |
| 7 | 20 | 6,35 |
| 8 | 20 | 6,36 |
| 9 | 20 | 2,26 |
| 10 | 20 | 6,76 |
| Promedio | 20 | 6,091 |
| Q (l/s) | Q (m ³ /h) | Q (m ³ /s) |
| 3,2835331 | 11,820719 | 0,0032835 |

Fuente: Elaboración propia en base
datos tomados en planta

ANEXO 4

| MIX3 Caudal envío | | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| °N | V (L) | T (s) |
| 1 | 20 | 6,53 |
| 2 | 20 | 6,6 |
| 3 | 20 | 6,62 |
| 4 | 20 | 6,51 |
| 5 | 20 | 6,55 |
| 6 | 20 | 6,56 |
| 7 | 20 | 6,59 |
| 8 | 20 | 6,65 |
| 9 | 20 | 6,58 |
| 10 | 20 | 6,61 |
| Promedio | 20 | 6,58 |
| Q (l/s) | Q (m ³ /h) | Q (m ³ /s) |
| 3,0395137 | 10,942249 | 0,0030395 |

| MIX3 Caudal retorno | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| °N | V (L) | T (s) |
| 1 | 20 | 6,66 |
| 2 | 20 | 6,7 |
| 3 | 20 | 6,66 |
| 4 | 20 | 6,6 |
| 5 | 20 | 6,65 |
| 6 | 20 | 6,61 |
| 7 | 20 | 6,59 |
| 8 | 20 | 6,64 |
| 9 | 20 | 6,69 |
| 10 | 20 | 6,63 |
| Promedio | 20 | 6,643 |
| Q (l/s) | Q (m ³ /h) | Q (m ³ /s) |
| 3,0106879 | 10,838477 | 0,0030107 |

Fuente: 6.Elaboración propia en base a datos tomados en planta

Determinación viscosidad de HNO₃ a 70°C

$\vartheta = 2.314t - 15.2$; Formula del viscosímetro usado concedido por laboratorio donde:

t=> tiempo en segundos

| Nº | t (seg) | Vol. (ml) |
|--------------|--------------|------------|
| 1 | 6,78 | 100 |
| 2 | 6,81 | 100 |
| 3 | 6,80 | 100 |
| 4 | 6,79 | 100 |
| 5 | 6,70 | 100 |
| Prom, | 6,776 | 100 |



Viscosimetro

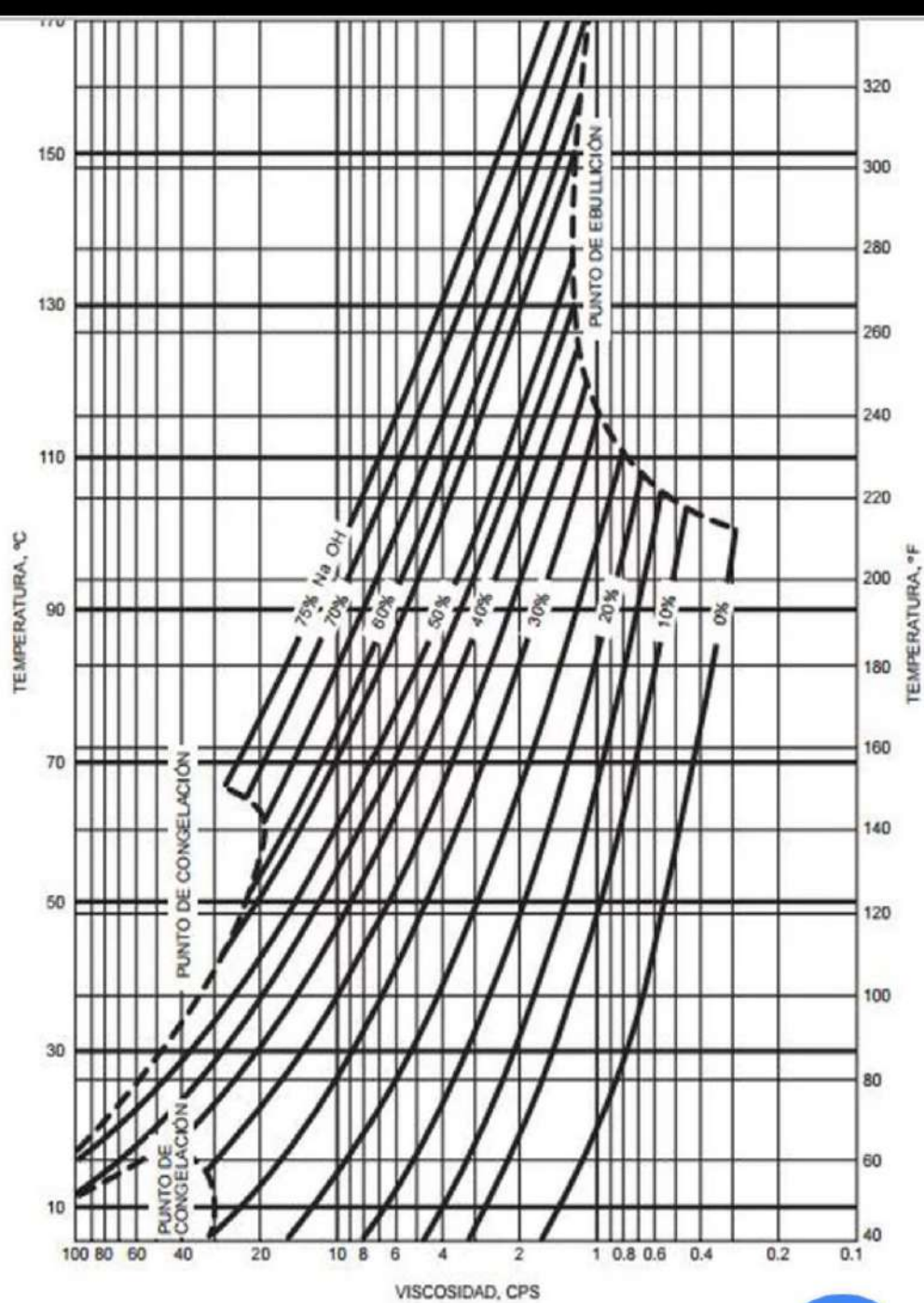
$$\vartheta = (2.314 * 6.776) - 15.2 = 0.480 \frac{mm^2}{s}$$

$$0.480 \frac{mm^2}{s} * \frac{1 cm^2}{10mm^2} * \frac{1 m^2}{100 cm^2} = 0.000000480 \frac{m^2}{s} \Rightarrow \vartheta = \frac{\mu}{\rho} \Rightarrow \mu = \rho\vartheta$$

$$\mu = 0.000000481 \frac{m^2}{s} * 1001.57 \frac{Kg}{m^3} = 0.000481 \frac{Kg}{m*s}$$

ANEXO 5

Grafica viscosidad de NaOH



Fuente: <http://naohunal.wixsite.com/hidroxidodesodio/-propiedades>

ANEXO 6

TABLAS

377

TABLA A. 5
Propiedades físicas del agua, a 1 atm

| t, °C | ρ Kg/m ³ | μ 10 ⁻³ Kg/m seg | Cp Kcal/ Kg °C | k Kcal/ mh °C | β 10 ⁻⁴ °C ⁻¹ | λ Kcal/ Kg | ν 10 ⁻⁶ m ² /seg | α 10 ⁻⁷ m ² /seg | $Pr = \frac{\nu}{\alpha}$ | $\frac{g}{g_0}$ 10 ⁻² m ⁻³ |
|-------|-----------------------------|--|----------------------|---------------------|---|--------------------------|--|---|---------------------------|--|
| 0 | 999,8 | 1,794 | 1,008 | 0,491 | — | 596,4 | 1,794 | 1,35 | 12,2 | 40,4 |
| 10 | 999,7 | 1,310 | 1,002 | 0,504 | 0,88 | 590,9 | 1,310 | 1,40 | 9,4 | 53,5 |
| 20 | 998,2 | 1,009 | 0,9995 | 0,517 | 2,07 | 585,5 | 1,011 | 1,44 | 7,02 | 67,4 |
| 30 | 995,7 | 0,800 | 0,9986 | 0,530 | 3,04 | 580,0 | 0,803 | 1,48 | 5,43 | 82,4 |
| 40 | 992,2 | 0,654 | 0,9987 | 0,543 | 3,85 | 574,5 | 0,659 | 1,52 | 4,33 | 97,7 |
| 50 | 988,1 | 0,549 | 0,9982 | 0,555 | 4,60 | 568,9 | 0,556 | 1,56 | 3,56 | 113,0 |
| 60 | 983,2 | 0,470 | 1,000 | 0,567 | 5,21 | 563,2 | 0,478 | 1,60 | 2,98 | 228,1 |
| 70 | 977,8 | 0,407 | 1,001 | 0,580 | 5,86 | 557,3 | 0,416 | 1,65 | 2,53 | 143,2 |
| 80 | 971,8 | 0,357 | 1,003 | 0,592 | 6,41 | 551,3 | 0,367 | 1,69 | 2,18 | 158,2 |
| 90 | 965,3 | 0,317 | 1,005 | 0,604 | 7,00 | 545,3 | 0,328 | 1,73 | 1,90 | 172,6 |
| 100 | 958,4 | 0,284 | 1,008 | 0,616 | 7,48 | 539,0 | 0,296 | 1,77 | 1,67 | 186,9 |
| 110 | 951,0 | 0,256 | 1,011 | 0,628 | 7,9 | 532,6 | 0,269 | 1,81 | 1,48 | 201 |
| 120 | 943,4 | 0,232 | 1,014 | 0,640 | 8,4 | 525,9 | 0,246 | 1,86 | 1,32 | 215 |
| 130 | 935,2 | 0,212 | 1,017 | 0,652 | 9,0 | 519,0 | 0,227 | 1,90 | 1,19 | 227 |
| 140 | 926,4 | 0,196 | 1,020 | 0,664 | 9,7 | 511,9 | 0,212 | 1,95 | 1,08 | 236 |
| 150 | 917,3 | 0,184 | 1,024 | 0,676 | 10,4 | 504,5 | 0,201 | 2,00 | 1,00 | 245 |
| 160 | 907,5 | 0,174 | 1,027 | 0,688 | 11,0 | 496,9 | 0,192 | 2,05 | 0,935 | 250 |

Fuente: Ingeniería química Ocon-tojo

404

DATOS FÍSICOS Y TÉCNICOS

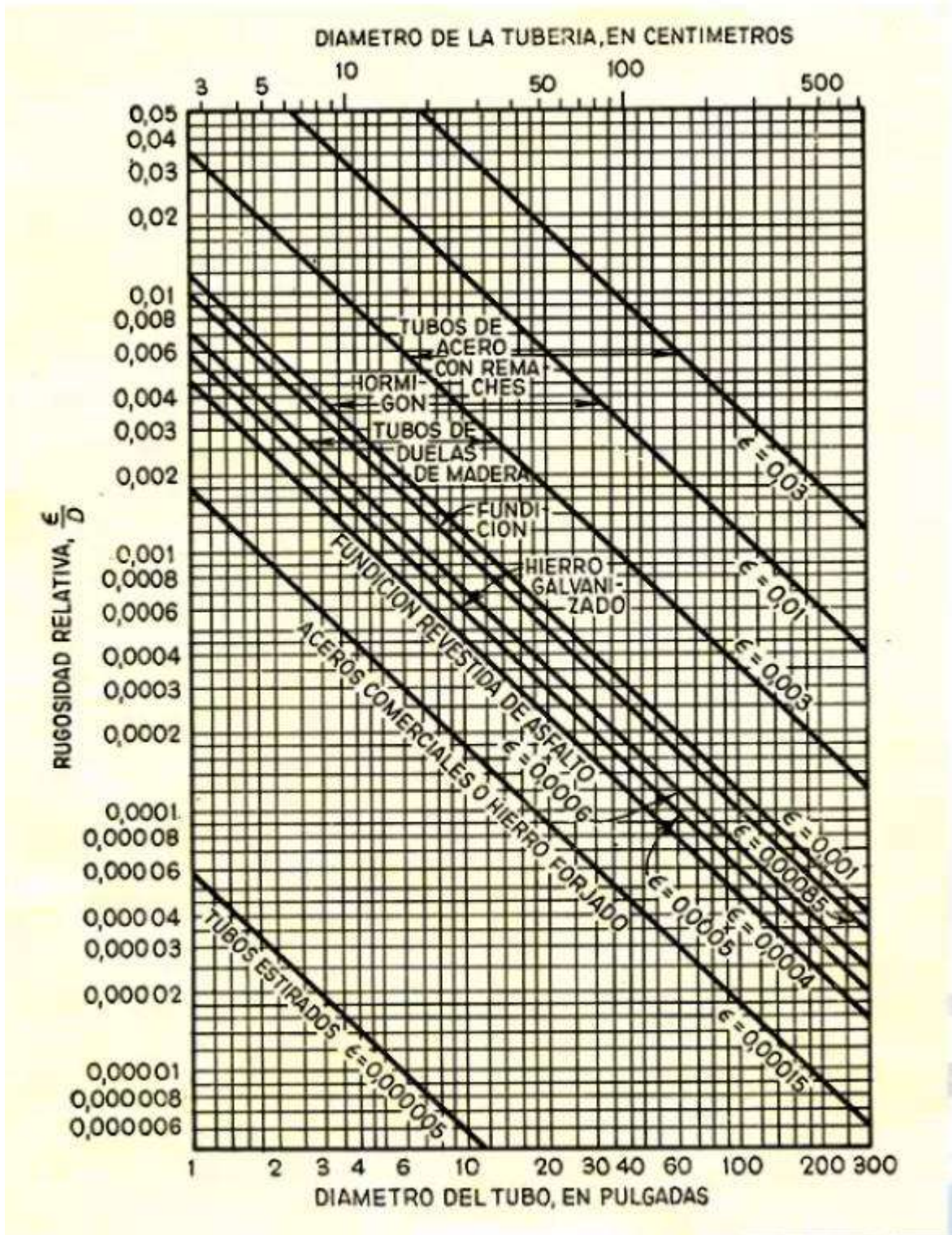
TABLA A. 19
*Dimensiones de las tuberías de hierro y acero **

| Nominal pulg. | DIÁMETRO | | Espesor mm | Sección nominal interior cm ² | Peso unitario aproximado Kg/m |
|------------------|----------------|----------------|---------------|---|-------------------------------------|
| | Interior mm | Exterior mm | | | |
| 1/2 | 6,8 | 10,3 | 1,75 | 0,36 | 0,35 |
| 3/4 | 9,2 | 13,7 | 2,25 | 0,66 | 0,65 |
| 1 | 12,5 | 17,1 | 2,3 | 1,23 | 0,85 |
| 1 1/4 | 15,7 | 21,3 | 2,8 | 1,93 | 1,3 |
| 1 1/2 | 20,8 | 26,6 | 2,9 | 3,40 | 1,70 |
| 2 | 26,7 | 33,4 | 3,35 | 5,60 | 2,5 |
| 2 1/4 | 35,0 | 42,1 | 3,55 | 9,62 | 3,3 |
| 2 1/2 | 40,9 | 48,3 | 3,7 | 13,16 | 4,0 |
| 3 | 52,5 | 60,3 | 3,9 | 21,6 | 5,4 |
| 3 1/2 | 62,8 | 73,0 | 5,1 | 30,8 | 8,4 |
| 4 | 77,9 | 88,9 | 5,5 | 47,7 | 11,3 |
| 4 1/2 | 90,2 | 101,6 | 5,7 | 63,8 | 13,6 |
| 5 | 102,3 | 114,3 | 6,0 | 82,1 | 16,0 |
| 6 | 128,3 | 141,3 | 6,5 | 129,1 | 21,8 |
| 8 | 154,2 | 168,4 | 7,1 | 186,4 | 28,3 |

* La presente tabla está ajustada a las dimensiones normales norteamericanas. Los catálogos de los distintos fabricantes españoles presentan ligeras variaciones respecto a estos números; las diferencias caen dentro de los límites prácticos de error.

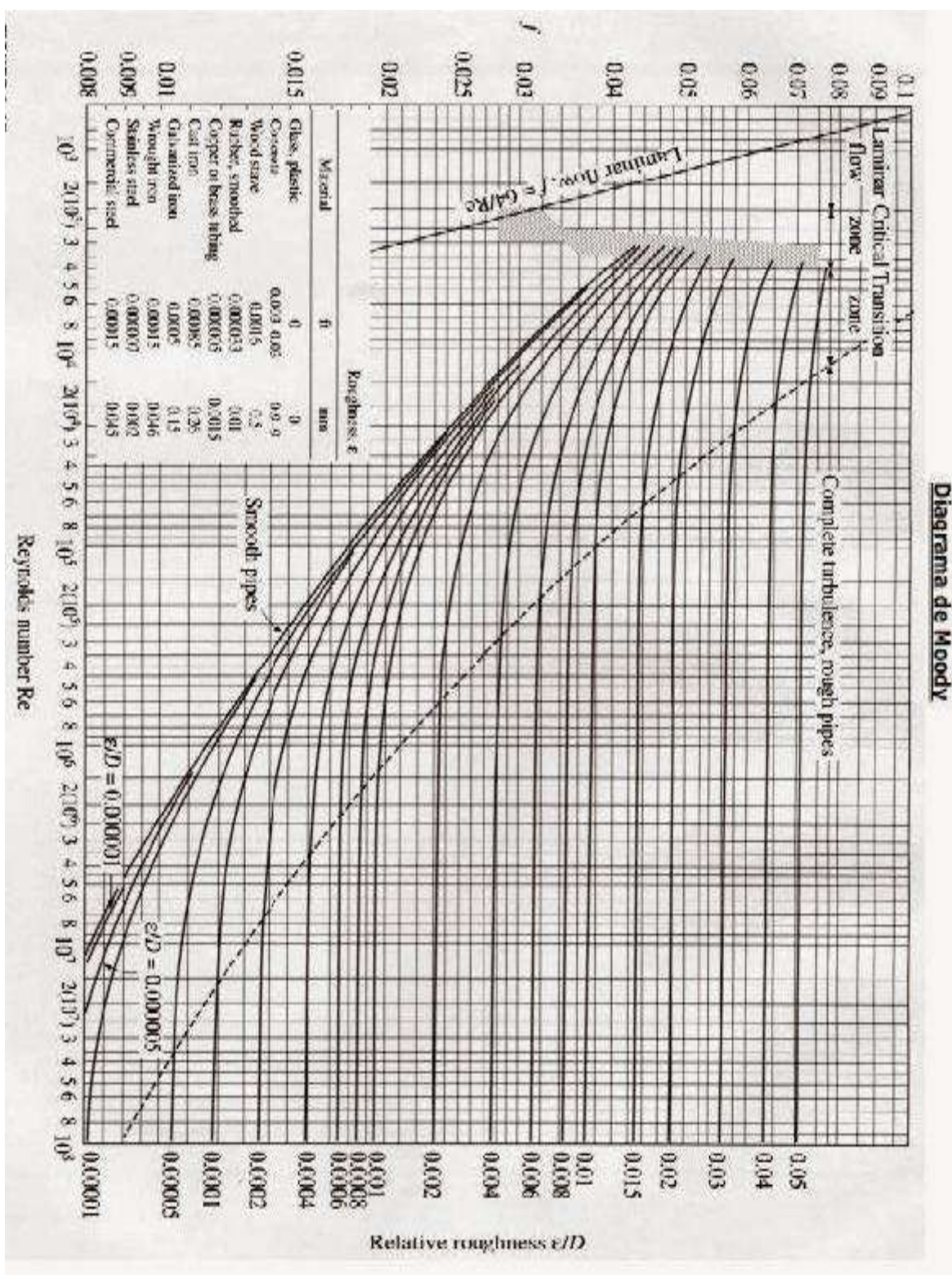
Fuente: Ingeniería química Ocon-tojo

ANEXO 7



Fuente: Ingeniería química Ocon-tojo

ANEXO 8



Fuente: Ingeniería química Ocon-tojo

ANEXO 9

| | | |
|---|-----------------|--|
|  Soalpro SRL <small>Sociedad de Alimentos Procesados</small> | REGISTRO | PLL- REG-009 Versión 000 Página 1 de 1 |
| CONTROL DE LIMPIEZA CIP DE TANQUES Y PASTEURIZADORES | | |

| FECHA | NOMBRE DE MAQUINISTA | PRODUCTO QUE PASO ANTES DE LA LIMPIEZA | HORA DE INICIO | HORA FINAL | AGUA | | CONCENTRACION | | TANQUE /EQUIPO | CICLO | | OBSERVACIÓN |
|-------|----------------------|--|----------------|------------|------|------------------|---------------|------------------|----------------|-------|---|-------------|
| | | | | | Temp | H ₂ O | SODA | ACIDO | | S | A | |
| | | | | | °C | | NaOH | HNO ₃ |  |  |  |  | D | I |
| | | | | | | | | | | A | D |  |  |  | O |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

VoBO Jefe de Planta

Fuente: SOALPRO Srl

ANEXO 10

MIX1 Envió: H₂O

D=1^{1/2} Plg. por tabla del anexo 6 => D= 40.9 mm => D=0.0409 m y T=68 °C véase anexo 13

$$Q=10.98 \text{ m}^3/\text{h}=0.00305\text{m}^3/\text{s}; \text{ de la Ec.4} \Rightarrow Q = vA \Rightarrow Q = v\frac{\pi}{4}D^2 \Rightarrow v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Donde:

v => velocidad en m/s

Q => Caudal en m³/s

D => Diámetro en m

$$v = \frac{4(0.00305)}{\pi 0.0409^2} \Rightarrow v = 2.32 \text{ m/s} \text{ se registra en tabla 4.1}$$

Calculo de Reynolds de la Ec. 12 => $Re = \frac{\rho Dv}{\mu}$

Donde:

Re=> Numero de Reynolds

ρ => Densidad en Kg/m³

v => Velocidad en m/s

μ => Viscosidad dinámica en Kg/m*s

$$Re = \frac{978.9*0.0409*2.32}{0.000420} \Rightarrow \mathbf{Re= 221156.8} \text{ se registra en tabla 4.1}$$

Datos de viscosidad y densidad del agua a 68°C tabla anexo 6

Envió: NaOH

D= 0.0409 m; T=70.7 véase anexo 10°C; Q=10.98 m³/h; v = 2.32 m/s

$$\mu = 0.000502 \frac{\text{Kg}}{\text{m*s}} \text{ Dato anexo 5}$$

$$\rho = 1002.44 \text{ Kg/m}^3 \text{ Dato calculado anexo 13}$$

$$Re = \frac{\rho Dv}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1002.44*0.0409*2.32}{0.000502}$$

$$\mathbf{Re = 189481.1} \text{ se registra tabla 4.1}$$

ANEXO 11

Envió: HNO₃

D=0.0409 m; T=70.9 véase anexo 10 °C; Q=10.98m³/h; $v = 2.32 \text{ m/s}$

$\mu = 0.000481 \frac{\text{Kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}$ Dato calculado anexo 4

$\rho = 1001.57 \text{ Kg/m}^3$ Dato calculado anexo 13

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1001.57 \cdot 0.0409 \cdot 2.32}{0.000481} \Rightarrow \text{Re} = 197582.1 \text{ se registra tabla 4.1}$$

Retorno: H₂O

D=0.0409 m; T=67.7 véase anexo 13°C; Q=10.01 m³/h = 0.00278 m³/s

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \Rightarrow v = \frac{4(0.00278)}{\pi 0.0409^2} \Rightarrow v = 2.12 \text{ m/s}$$

$$\text{Reynolds} \Rightarrow Re = \frac{978.9 \cdot 0.0409 \cdot 2.12}{0.000420} \Rightarrow$$

Re= 202091.6 se registra en tabla 4.1

Datos de viscosidad y densidad del agua a 67.7°C tabla anexo 6 no varía mucho

Retorno: NaOH

D=0.0409 m; T=70.7°C véase anexo 10; Q=10.01 m³/h = 0.00278 m³/s; $v = 2.12 \text{ m/s}$

$\mu = 0.000502 \frac{\text{Kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}$ Dato anexo 5

$\rho = 1002.44 \text{ Kg/m}^3$ Dato calculado anexo 13

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1002.44 \cdot 0.0409 \cdot 2.12}{0.000502}$$

Re = 173146.5 se registra tabla 4.1

Retorno: HNO₃

D=0.0409 m; T=70.9 véase anexo 10 °C; Q=10.01 m³/h; $v = 2.12 \text{ m/s}$

ANEXO 12

$$\mu = 0.000481 \frac{Kg}{m*s} \quad \text{Dato calculado anexo 4}$$

$$\rho = 1001.57 Kg/m^3 \quad \text{Dato calculado anexo 13}$$

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1001.57 * 0.0409 * 2.12}{0.000481}$$

Re = 180549.1 se registra tabla 4.1

$$D = 1^{1/2''} \Rightarrow D = 40.9 \text{ mm} \Rightarrow D = 0.0409 \text{ m}$$

MIX2 Envió: H₂O

$$Q = 10.58 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow Q = 0.00294 \text{ m}^3/\text{s}; T = 73.2^\circ\text{C} \text{ véase anexo 13}$$

$$\text{De la Ec.4} \Rightarrow Q = vA \Rightarrow Q = v \frac{\pi}{4} D^2 \Rightarrow v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$v = \frac{4(0.00294)}{\pi 0.0409^2} \Rightarrow v = 2.24 \text{ m/s} \text{ se registra en tabla 4.2}$$

$$\text{Calculo de Reynolds de la Ec. 12} \Rightarrow Re = \frac{\rho D v}{\mu}$$

$$\text{Reynolds} \Rightarrow Re = \frac{975.9 * 0.0409 * 2.24}{0.000391}$$

Re = 228665.1 se registra en tabla 4.2

Datos de viscosidad y densidad del agua a 73.2°C tabla anexo 6

Envió: NaOH

$$D = 0.0409 \text{ m}; T = 70.25^\circ\text{C} \text{ véase anexo 11}; Q = 10.58 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 0.00294 \text{ m}^3/\text{s}; v = 2.24 \text{ m/s}$$

$$\mu = 0.000502 \frac{Kg}{m*s} \quad \text{Dato anexo 5}$$

$$\rho = 1002.44 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{Dato calculado anexo 13}$$

ANEXO 13

$$Re = \frac{\rho Dv}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1002.44 * 0.0409 * 2.24}{0.000502}$$

Re = 182947.3 se registra tabla 4.2

Envió: HNO₃

D=0.0409 m T=70.97 anexo 11; °C Q=10.58 m³/h

Q= 0.00294 m³/h; v = 2.24 m/s

$$\mu = 0.000481 \frac{Kg}{m*s} \quad \text{Dato calculado anexo 4}$$

$$\rho = 1001.57 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{Dato calculado anexo 13}$$

$$Re = \frac{\rho Dv}{\mu}$$

$$Re = \frac{1001.57 * 0.0409 * 2.24}{0.000481}$$

Re = 190768.9 se registra tabla 4.2

Retorno: H₂O

D=0.0409 m; T=72.6°C véase anexo 13; Q=11.82 m³/h

$$Q=0.00328 \text{ m}^3/\text{h} \quad v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$v = \frac{4(0.00328)}{\pi 0.0409^2} \Rightarrow v = 2.49 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{976.2 * 0.0409 * 2.49}{0.000394}$$

Re= 252327.9 se registra en tabla 4.2

Datos de viscosidad y densidad del agua a 72.6°C tabla anexo 6

Retorno: NaOH

ANEXO 14

$D=0.0409$ m; $T=70.25$ véase anexo 11 °C; $Q=11.82$ m³/h;

$Q=0.00328$ m³/h $v = 2.49$ m/s

$$\mu = 0.000502 \frac{Kg}{m*s} \quad \text{Dato calculado anexo 5}$$

$$\rho = 1002.44 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{Dato calculado anexo 13}$$

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1002.44 * 0.0409 * 2.49}{0.000502}$$

Re = 203365.5 se registra tabla 4.2

Retorno: HNO₃

$D=0.0409$ m; $T=70.97$ véase anexo 11 °C; $Q=11.82$ m³/h; $v = 2.49$ m/s

$$\mu = 0.000481 \frac{Kg}{m*s} \quad \text{Dato calculado anexo 4}$$

$$\rho = 1001.57 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{Dato calculado anexo 13}$$

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu}$$

$$Re = \frac{1001.57 * 0.0409 * 2.49}{0.000481}$$

Re = 212060.1 se registra tabla 4.2

$D= 1^{1/2''} \Rightarrow D= 40.9$ mm

$D= 0.0409$ m

MIX3 Envió: H₂O

$Q=10.94$ m³/h $\Rightarrow Q= 0.00304$ m³/s; $T=71.99$ °C véase anexo 13

De la Ec.4 $\Rightarrow Q = vA \Rightarrow Q = v \frac{\pi}{4} D^2$

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \Rightarrow v = \frac{4(0.00304)}{\pi 0.0409^2}$$

ANEXO 15

$v = 2.31 \text{ m/s}$ Se registra en tabla 4.3

Calculo de Reynolds de la Ec. 12 $\Rightarrow Re = \frac{\rho Dv}{\mu}$

$$\text{Reynolds} \Rightarrow Re = \frac{976.6 * 0.0409 * 2.31}{0.000397}$$

Re= 232413.6 se registra en tabla 4.3

Datos de viscosidad y densidad del agua a 71.99.1°C tabla anexo 6

Envió: NaOH

D= 0.0409 m; T=75.38 °C véase anexo 12; Q=10.94 m³/h

Q=0.00304 m³/s; $v = 2.31 \text{ m/s}$

$$\mu = 0.000502 \frac{\text{Kg}}{\text{m*s}} \quad \text{Dato anexo 5}$$

$$\rho = 1002.44 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{Dato calculado anexo 13}$$

$$Re = \frac{\rho Dv}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1002.44 * 0.0409 * 2.31}{0.000502}$$

Re = 188664.4 se registra tabla 4.3

Envió: HNO₃

D=0.0409 m T=70.37 °C véase anexo 12; Q=10.94 m³/h

Q= 0.00304 m³/h; $v = 2.31 \text{ m/s}$

$$\mu = 0.000481 \frac{\text{Kg}}{\text{m*s}} \quad \text{Dato calculado anexo 4}$$

$$\rho = 1001.57 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{Dato calculado anexo 13}$$

$$Re = \frac{\rho Dv}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1001.57 * 0.0409 * 2.31}{0.000481}$$

Re = 196730.4 se registra tabla 4.3

ANEXO 16

Retorno: H₂O

D=0.0409 m; T=72.77°C véase anexo 13; Q=10.84 m³/h

$$Q=0.00301 \text{ m}^3/\text{h} \quad v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$v = \frac{4(0.00301)}{\pi 0.0409^2} \quad v = 2.29 \text{ m/s}$$

$$\text{Reynolds} \Rightarrow Re = \frac{976.1 * 0.0409 * 2.29}{0.000393} \quad \mathbf{Re= 232627.2}$$
 se registra en tabla 4.3

Datos de viscosidad y densidad del agua a 72.77°C tabla anexo 6

Retorno: NaOH

D=0.0409 m; T=75.38 °C véase anexo 12; Q=10.84 m³/h;

$$Q=0.00301 \text{ m}^3/\text{h} \quad v = 2.29 \text{ m/s}$$

$$\mu = 0.000502 \frac{\text{Kg}}{\text{m*s}} \quad \text{Dato calculado anexo 5}$$

$$\rho = 1002.44 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{Dato calculado anexo 13}$$

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu}$$

$$Re = \frac{1002.44 * 0.0409 * 2.29}{0.000502}$$

$$\mathbf{Re = 187030.9}$$
 se registra tabla 4.3

Retorno: HNO₃

D=0.0409 m; T=70.37 °C véase anexo 12; Q=10.84 m³/h; v = 2.29 m/s

$$\mu = 0.000481 \frac{\text{Kg}}{\text{m*s}} \quad \text{Dato calculado anexo 4}$$

$$\rho = 1001.57 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{Dato calculado anexo 13}$$

ANEXO 17

$$Re = \frac{\rho Dv}{\mu}$$

$$Re = \frac{1001.57 * 0.0409 * 2.29}{0.000481}$$

Re = 195027.1 se registra tabla 4.3

Tomando como base el esquema de la fig. 4.4 determinamos la Perdida de presión para el envío de H₂O a MIX1.

Como $P_1 = P_2; v_1 = v_2; h_R = 0; Z_1 = 0$

Entonces: $h_A = Z_2 + h_T$ Ec. A

Como $Z_2 = 3.5 \text{ m}$ determinamos h_T de la ecuación 9

$$h_T = f * \frac{L_T}{D} * \frac{v^2}{2g} \text{ Donde:}$$

f => Coeficiente de fricción

L_T => Longitud total de la tubería mas longitud equivalente de accesorios en m

D => Diámetro interno de tubería en m

v => Velocidad en m/s

g => gravedad en m/s²

Conociendo valores de velocidad, diámetro longitud tubería solo nos falta obtener longitud total L_T y coeficiente de fricción f .

Sabiendo que la longitud total es:

$$L_T = L + L_{Eq.}; \text{ Obtenemos } L_{Eq.} \Rightarrow L_{Eq.} = \sum h_{accesorios}$$

De la tabla 4.4, tabla 4.5 y la tabla del anexo 17 tenemos que: ($L_{eq. aspensor \text{ tipo bola}} = 10.2\text{m}$)

$$L_{Eq.} = L_{eq. Valvula mariposa} * N^{\circ}_{accesorio} + L_{Eq. Codo 90^{\circ}} * N^{\circ}_{accesorio} + L_{Eq. aspensor bola} * N^{\circ}_{accesorio}$$

$$L_{Eq.} = 1.82 (1) + 1.37 (10) + 10.2 = 25.72 \text{ m}$$

$$L_T = 35.20 + 25.72 = 60.92 \text{ m} \Rightarrow L_T = 60.92 \text{ m}$$

Con $D = 1^{1/2}$ pulg. Obtenemos $\frac{\epsilon}{D}$ (Rugosidad relativa); f de anexos 7, 8 y Re de tabla 4.1

ANEXO 18

$\frac{\epsilon}{D} = 0.0012; f = 0.022$ dato de anexo 8 reemplazando en Ec.9 velocidad de tabla 4.1

$$\text{Calculando } h_T = 0.022 * \frac{60.92}{0.0409} * \frac{2.32^2}{2*9.8} =$$

$$h_T = 8.99 \text{ m es la pérdida de presión de CIP a MIX1}$$

Reemplazando en Ec. A $\Rightarrow h_A = Z_2 + h_T$

$$h_A = 3.5 + 8.99 = 12.49 \text{ m} = h_b$$

Calculando potencia teórica requerida con la Ec. 13

$$p_b = \rho g Q h_b = \gamma Q h_b$$

$$p_b = 978.9 * 9.8 * 0.00305 * 12.49 = 365.4 \text{ W}$$

$$P_b = 0.49 \text{ HP}$$

Calculo de pérdida de presión retorno MIX1 a CIP

De la tabla 4.4, tabla 4.5 y la tabla del anexo 17 tenemos que:

$$L_{Eq.} = 1.82 (1) + 1.37 (19) = 27.85 \text{ m}$$

$$L_T = 43.44 + 27.85 = 71.29 \text{ m} \Rightarrow L_T = 71.29 \text{ m}$$

Con $D=1^{1/2}$ pulgadas obtenemos $\frac{\epsilon}{D}; f$ de tablas anexos 7, 8 y Re De tabla 4.1

$\frac{\epsilon}{D} = 0.0012; f = 0.022$ reemplazando en Ec. 9

$$\text{Calculando } h_T = 0.022 * \frac{71.29}{0.0409} * \frac{2.12^2}{2*9.8}$$

$$h_T = 8.79 \text{ m es la pérdida de presión de MIX1 a CIP}$$

Reemplazando en Ec. A $\Rightarrow h_A = Z_2 + h_T$

$$h_A = 3.8 + 8.79 = 12.59 \text{ m} = h_b$$

Calculando potencia teórica requerida con la Ec. 13

ANEXO 19

$$p_b = \rho g Q h_b = \gamma Q h_b$$

$$p_b = 978.9 * 9.8 * 0.00278 * 12.59 = 335.8 W$$

$$P_b = 0.45 HP$$

Tomando como base el esquema de la fig. 4.5 determinamos la Perdida de presión para el envío de solución de limpieza a **MIX2**.

Como $Z_2 = 3.5 m$ determinamos h_T de la ecuación 9

Conociendo valores de velocidad, diámetro longitud tubería solo nos falta obtener longitud total L_T y coeficiente de fricción f .

Sabiendo que la longitud total es:

$$L_T = L + L_{Eq.}; \text{ Obtenemos } L_{Eq.} \Rightarrow L_{Eq.} = \sum h_{accesorios}$$

De la tabla 4.4, tabla 4.5 y la tabla del anexo 17 tenemos que: ($L_{eq. aspersion tipo bola} = 10.2m$)

$$L_{Eq.} = L_{eq. Valvula mariposa} * N^{\circ}_{accesorio} + L_{Eq. Codo 90^{\circ}} * N^{\circ}_{accesorio} + L_{eq. aspersion bola} * N^{\circ}_{accesorio}$$

$$L_{Eq.} = 1.82 (1) + 1.37 (10) + 10.2 = 25.72 m$$

$$L_T = 38.95 + 25.72 = 64.67 m \Rightarrow L_T = 64.67 m$$

Con $D=1^{1/2}$ pulgadas obtenemos $\frac{\epsilon}{D}$; f de tablas anexos 7,8 y Re de tabla 4.1

$$\frac{\epsilon}{D} = 0.0012; f = 0.022 \text{ reemplazando en Ec. 9}$$

$$\text{Calculando } h_T = 0.022 * \frac{64.67}{0.0409} * \frac{2.24^2}{2 * 9.8}$$

$$h_T = 8.90 m \text{ es la perdida de presión de CIP a MIX2}$$

Reemplazando en Ec. A $\Rightarrow h_A = Z_2 + h_T$

$$h_A = 3.5 + 8.90 = 12.40 m = h_b$$

Calculando potencia teórica requerida con la Ec. 13 $p_b = \rho g Q h_b = \gamma Q h_b$

ANEXO 20

$$p_b = 975.9.0 * 9.8 * 0.00294 * 12.40 = 348.66 W$$

$$P_b = 0.47 HP$$

Calculo de pérdida de presión retorno **MIX2 a CIP**, la longitud equivalente y longitud total es la misma en los tres casos en el retorno a CIP

$$L_T = 43.44 + 27.85 = 71.29 m \Rightarrow L_T = 71.29 m$$

Con $D=1^{1/2}$ pulgadas obtenemos $\frac{\epsilon}{D}$; f de tablas anexos 7, 8 y Re de tabla 4.1

$\frac{\epsilon}{D} = 0.0012$; $f = 0.021$ reemplazando en Ec. 9

$$\text{Calculando } h_T = 0.021 * \frac{71.29}{0.0409} * \frac{2.49^2}{2 * 9.8}$$

$$h_T = 11.58 m \text{ es la pérdida de presión de CIP a MIX2}$$

Reemplazando en Ec. A $\Rightarrow h_A = Z_2 + h_T = h_A = 3.8 + 11.58 = 15.38 m = h_b$

Calculando potencia teórica requerida con la Ec. 13 $p_b = \rho g Q h_b = \gamma Q h_b$

$$p_b = 976.2 * 9.8 * 0.00328 * 15.38 = 482.61 W$$

$$P_b = 0.65 HP$$

Tomando como base el esquema de la fig. 4.6 determinamos la Perdida de presión para el envío de solución de limpieza a **MIX3**.

Entonces: $h_A = Z_2 + h_T$ Ec. A

Como $Z_2 = 3.5 m$ determinamos h_T de la ecuación 9

Conociendo valores de velocidad, diámetro longitud tubería solo nos falta obtener longitud total L_T y coeficiente de fricción f .

Sabiendo que la longitud total es:

$$L_T = L + L_{Eq.}; \text{ Obtenemos } L_{Eq.} \Rightarrow L_{Eq.} = \Sigma h_{accesorios}$$

De la tabla 4.4, tabla 4.5 y la tabla del anexo 4 tenemos que: ($l_{eq,aspersora}$ tipo bola = 10.2m)

ANEXO 21

$$L_{Eq.} = L_{eq. Valvula mariposa} * N^{\circ}_{accesorio} + L_{Eq. Codo 90^{\circ}} * N^{\circ}_{accesorio} + L_{eq. aspersor bola} * N^{\circ}_{accesorio}$$

$$L_{Eq.} = 1.82 (1) + 1.37 (10) + 10.2 = 25.72 \text{ m}$$

$$L_T = 41.92 + 25.72 = 67.64 \text{ m} \Rightarrow L_T = 67.64 \text{ m}$$

Con $D=1^{1/2}$ pulgadas obtenemos $\frac{\epsilon}{D}$; f de tablas anexos 7,8 y Re de tabla 4.1

$$\frac{\epsilon}{D} = 0.0012; f = 0.022 \text{ reemplazando en Ec. 9}$$

$$\text{Calculando } h_T = 0.022 * \frac{67.64}{0.0409} * \frac{2.31^2}{2 * 9.8}$$

$$h_T = 9.90 \text{ m es la pérdida de presión de CIP a MIX3}$$

$$\text{Reemplazando en Ec. A} \Rightarrow h_A = Z_2 + h_T = h_A = 3.5 + 9.90 = 13.40 \text{ m} = h_b$$

Calculando potencia teórica requerida con la Ec. 13

$$p_b = \rho g Q h_b = \gamma Q h_b$$

$$p_b = 976.6 * 9.8 * 0.00304 * 13.40 = 389.87 \text{ W}$$

$$P_b = 0.52 \text{ HP}$$

Calculo de pérdida de presión retorno **MIX3 a CIP**, la longitud equivalente y longitud total es la misma en los tres casos en el retorno a CIP

$$L_T = 43.44 + 27.85 = 71.29 \text{ m} \Rightarrow L_T = 71.29 \text{ m}$$

Con $D=1^{1/2}$ pulgadas obtenemos $\frac{\epsilon}{D}$; f de tablas anexos 7, 8 y Re de tabla 4.1

$$\frac{\epsilon}{D} = 0.0012; f = 0.022 \text{ reemplazando en Ec. 9}$$

$$\text{Calculando } h_T = 0.022 * \frac{71.29}{0.0409} * \frac{2.29^2}{2 * 9.8}$$

$$h_T = 10.26 \text{ m es la pérdida de presión de CIP a MIX3}$$

$$\text{Reemplazando en Ec. A} \Rightarrow h_A = Z_2 + h_T = h_A = 3.8 + 10.26 = 14.06 \text{ m} = h_b$$

ANEXO 22

Calculando potencia teórica requerida con la Ec. 13

$$p_b = \rho g Q h_b = \gamma Q h_b$$

$$p_b = 976.1 * 9.8 * 0.00301 * 14.06 = 404.83 W$$

$$P_b = 0.54 HP$$

Concentración de solución de limpieza NaOH **MIX1**

Volumen muestra NaOH = 10 ml

Vol. gastado de ac.= 5.53 ml ver Anexo 10

$$C_T * V_T = C_R * V_R$$

$$C_R = \frac{0.98 M * 5.53 ml}{10 ml}$$

$C_R = 0.54 M$ Llevando a concentración %

$$0.54 \frac{mol}{l} * 40 \frac{gr}{mol} * \frac{1l}{1000 ml} * 100 = 2.17\%$$

Concentración de solución de limpieza HNO₃

Volumen muestra HNO₃ = 10 ml; Volumen gastado de base = 3.62 ml ver anexo 10

$$C_T * V_T = C_R * V_R$$

$$C_R = \frac{0.98 M * 3.62 ml}{10 ml}$$

$C_R = 0.35 M$ Llevando a concentración %

$$0.35 \frac{mol}{l} * 63 \frac{gr}{mol} * \frac{1l}{1000 ml} * 100 = 2.23\%$$

ANEXO 23

Concentración de solución de limpieza NaOH **MIX2**

Volumen muestra NaOH = 10 ml

Vol. gastado de ac. = 5.64 ml ver anexo 11

$$C_T * V_T = C_R * V_R \Rightarrow$$

$$C_R = \frac{0.98 M * 5.64 ml}{10 ml}$$

$C_R = 0.55 M$ Llevando a concentración %

$$0.55 \frac{mol}{l} * 40 \frac{gr}{mol} * \frac{1l}{1000 ml} * 100 = 2.21\%$$

Concentración de solución de limpieza HNO₃

Volumen muestra HNO₃ = 10 ml; Volumen gastado de base = 3.46 ml ver anexo 11

$$C_T * V_T = C_R * V_R$$

$$C_R = \frac{0.98 M * 3.46 ml}{10 ml}$$

$C_R = 0.34 M$ Llevando a concentración %

$$0.34 \frac{mol}{l} * 63 \frac{gr}{mol} * \frac{1l}{1000 ml} * 100 = 2.13\%$$

Concentración de solución de limpieza NaOH **MIX3**

Volumen muestra NaOH = 10 ml

Volumen gastado de acido = 5.5 ml ver anexo 12

$$C_T * V_T = C_R * V_R \Rightarrow$$

$$C_R = \frac{0.98 M * 5.5 ml}{10 ml}$$

ANEXO 24

$C_R = 0.54 M$ Llevando a concentración %

$$0.54 \frac{\text{mol}}{\text{l}} * 40 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} * \frac{1\text{l}}{1000 \text{ml}} * 100 = 2.16\%$$

Concentración de solución de limpieza HNO₃

Volumen muestra HNO₃ = 10 ml; Volumen gastado de base = 3.52 ml ver anexo 12

$$C_T * V_T = C_R * V_R$$

$$C_R = \frac{0.98 M * 3.52 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}$$

$C_R = 0.34 M$ Llevando a concentración %

$$0.34 \frac{\text{mol}}{\text{l}} * 63 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} * \frac{1\text{l}}{1000 \text{ml}} * 100 = 2.17\%$$

COSTO DE OPERACIÓN DE LIMPIEZA CIP

$$C_{O.L.} = \text{Costo}_{\text{energía eléctrica}} + \text{Costo}_{\text{energía calorífica}} + \text{Costo}_{\text{NaOH}} + \text{Costo}_{\text{HNO}_3} + \text{Costo}_{\text{mano de obra}}$$

Costo de energía eléctrica:

Bomba centrífuga de 2 HP => 1.49 Kw => Kwh = 1.49 Kw * 0.75 h = 1.12 Kwh

Bomba centrífuga de 3 HP => 2.24 Kw => Kwh = 2.24 Kw * 0.75 h = 1.68 Kwh

Precio del Kwh es 0.8 Bs para las industrias.

$$1.12 \text{ Kwh} * \frac{0.8 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 0.89 \text{ Bs}$$

$$1.68 \text{ Kwh} * \frac{0.8 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 1.34 \text{ Bs}$$

Costo energía calorífica:

Calor necesario para calentar 1000 litros de agua de 18°C a 70°C;

$$C_{p_{\text{agua}}} = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$q = m * C_{p_{\text{agua}}} * (T_F - T_i) \dots \text{Ec. B}$$

ANEXO 25

$q = 1000 * 1 * (70 - 18) \Rightarrow q = 52000 \text{ Kcal}$; por el poder calorífico del gas natural de la tabla anexo 5 que es $9405.16 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3}$.

Tenemos $52000 \text{ kcal} * \frac{1\text{m}^3}{9405.16 \text{ Kcal}} = 5.53 \text{ m}^3$ de gas natural requerido para calentar 1000 litros de agua, el costo de 1 m^3 gas es de 0.63 Bs para industrias.

$$5.53 \text{ m}^3 * \frac{0.63\text{Bs}}{1 \text{ m}^3} = 3.48 \text{ Bs}$$

El costo de energía calorífica es 3.48 Bs

Costo de masa de NaOH usado en solución al 2% de concentración en volumen de 1000 litros.

Bolsa 20 kg => 190 Bs

Costo de masa de HNO₃ usado en solución al 2% de concentración en volumen de 1000 litros.

Bidón de 30 kg => 210 Bs

Datos obtenidos de planta lácteos adquisiciones.

Costo mano de obra:

Sueldo promedio operario por mes 2500 bs entonces:

$$2500 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{26 \text{ dias}} * \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ h}} = 12 \frac{\text{Bs}}{\text{h}} \Rightarrow \text{como se trabajo en proceso de limpieza solo } 0.75 \text{ h}$$

entonces:

Costo mano de obra es 9 Bs

$$C_{O.L.} = \text{Costo}_{\text{energía eléctrica}} + \text{Costo}_{\text{energía calorífica}} + \text{Costo}_{\text{NaOH}} + \text{Costo}_{\text{HNO}_3} + \text{Costo}_{\text{mano de obra}}$$

$$C_{O.L.} = (1.34 \text{ Bs} + 0.89 \text{ Bs}) + 3.48 \text{ Bs} + 190 \text{ Bs} + 210 \text{ Bs} + 9 \text{ Bs}$$

El costo de operación de limpieza es 414.71 Bs por tanque, como son tres tanques los que se evalúa el costo total de operación de limpieza es **1244.13 Bs.**

ANEXO 26

COSTO DE CONSUMO DE SODA Y ACIDO

| MES | Costo Bs mes de HNO ₃ Kg |
|------------|-------------------------------------|
| ABRIL | 14700 |
| MAYO | 14945 |
| JUNIO | 14455 |
| JULIO | 15435 |
| AGOSTO | 14210 |
| SEPTIEMBRE | 14350 |

| MES | NaOH (Kg) |
|------------|-----------|
| ABRIL | 2150 |
| MAYO | 2100 |
| JUNIO | 2125 |
| JULIO | 2175 |
| AGOSTO | 2130 |
| SEPTIEMBRE | 2125 |

| MES | HNO ₃ (Kg) |
|------------|-----------------------|
| ABRIL | 2100 |
| MAYO | 2135 |
| JUNIO | 2065 |
| JULIO | 2205 |
| AGOSTO | 2030 |
| SEPTIEMBRE | 2050 |

| MES | Costo Bs mes de NaOH Kg |
|------------|-------------------------|
| ABRIL | 20425 |
| MAYO | 19950 |
| JUNIO | 20187,5 |
| JULIO | 20662,5 |
| AGOSTO | 20235 |
| SEPTIEMBRE | 20187 |

Fuente: SOALPRO Srl

ANEXO 27

Temperatura promedio y volumen gastado promedio

| NaOH MIX1 | | | |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| Nº | T _e (°C) | T _R (°C) | Vol _{ácido} (ml) |
| 1 | 70,2 | 70 | 5,2 |
| 2 | 72,2 | 71,6 | 5,4 |
| 3 | 70,5 | 69,9 | 5,6 |
| 4 | 69,3 | 68,5 | 5,4 |
| 5 | 70,5 | 69,7 | 5,6 |
| 6 | 70,7 | 69,1 | 5,5 |
| 7 | 69,8 | 69,1 | 5,6 |
| 8 | 71,6 | 70,2 | 5,7 |
| 9 | 68,9 | 71,2 | 5,8 |
| 10 | 76,1 | 75,8 | 5,5 |
| Promedio | 70,98 | 70,51 | 5,53 |
| Temperatura Promedio | | 70,745 | |
| HNO ₃ MIX1 | | | |
| Nº | T _e (°C) | T _R (°C) | Vol _{básico} (ml) |
| 1 | 70,8 | 70 | 3,6 |
| 2 | 72,6 | 71,6 | 3,5 |
| 3 | 70,5 | 69,9 | 3,8 |
| 4 | 70,1 | 69,9 | 3,1 |
| 5 | 70,5 | 69,7 | 3,7 |
| 6 | 70,7 | 69,1 | 3,9 |
| 7 | 69,8 | 69,1 | 3,1 |
| 8 | 71,6 | 70,2 | 3,8 |
| 9 | 70,2 | 71,2 | 3,8 |
| 10 | 76,1 | 75,8 | 3,9 |
| Promedio | 71,29 | 70,65 | 3,62 |
| Temperatura Promedio | | 70,97 | |

Fuente: Elaboración propia en base datos tomados en planta

ANEXO 28

Temperatura promedio y volumen gastado promedio

| NaOH MIX2 | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| Nº | T _e (°C) | T _R (°C) | Vol _{ácido} (ml) |
| 1 | 72,2 | 70 | 5,6 |
| 2 | 71,5 | 71,1 | 5,7 |
| 3 | 70,9 | 69,7 | 5,6 |
| 4 | 68,3 | 67,9 | 5,7 |
| 5 | 65,9 | 64,7 | 5,5 |
| 6 | 70,7 | 69,1 | 5,8 |
| 7 | 69,8 | 69,4 | 5,5 |
| 8 | 71,6 | 70,2 | 5,9 |
| 9 | 68,9 | 71,2 | 5,8 |
| 10 | 76,1 | 75,8 | 5,3 |
| Promedio | 70,59 | 69,91 | 5,64 |
| Temperatura Promedio | | 70,25 | |
| HNO ₃ MIX2 | | | |
| Nº | T _e (°C) | T _R (°C) | Vol _{básico} (ml) |
| 1 | 70,8 | 70 | 3,2 |
| 2 | 72,6 | 71,6 | 3,6 |
| 3 | 70,5 | 69,9 | 3,5 |
| 4 | 70,1 | 69,9 | 3,1 |
| 5 | 70,5 | 69,7 | 3,5 |
| 6 | 70,7 | 69,1 | 3,9 |
| 7 | 69,8 | 69,1 | 3,3 |
| 8 | 71,6 | 70,2 | 3,8 |
| 9 | 70,2 | 71,2 | 3,1 |
| 10 | 76,1 | 75,8 | 3,6 |
| Promedio | 71,29 | 70,65 | 3,46 |
| Temperatura Promedio | | 70,97 | |

Fuente: Elaboración propia en base datos tomados en planta

ANEXO 29

Temperatura promedio y volumen gastado promedio

| NaOH MIX3 | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| Nº | T _e (°C) | T _R (°C) | Vol _{ácido} (ml) |
| 1 | 75,6 | 74,2 | 5,3 |
| 2 | 76,8 | 75,8 | 5,5 |
| 3 | 75,9 | 75,1 | 5,7 |
| 4 | 79,6 | 79,2 | 5,4 |
| 5 | 71,9 | 71,5 | 5,6 |
| 6 | 75,8 | 75,4 | 5,6 |
| 7 | 79,5 | 79,1 | 5,8 |
| 8 | 71,6 | 70,8 | 5,6 |
| 9 | 75,6 | 74,8 | 5,4 |
| 10 | 74,9 | 74,5 | 5,1 |
| Promedio | 75,72 | 75,04 | 5,5 |
| Temperatura Promedio | | 75,38 | |
| HNO ₃ MIX3 | | | |
| Nº | T _e (°C) | T _R (°C) | Vol _{básico} (ml) |
| 1 | 71,5 | 70,9 | 3,5 |
| 2 | 70,6 | 70,2 | 3,4 |
| 3 | 70,5 | 69,9 | 3,5 |
| 4 | 70,1 | 69,8 | 3,8 |
| 5 | 69,8 | 69 | 3,9 |
| 6 | 71,1 | 69,1 | 3,2 |
| 7 | 69,8 | 69,1 | 3,2 |
| 8 | 71,6 | 70,2 | 3,3 |
| 9 | 70,2 | 69,7 | 3,9 |
| 10 | 72,5 | 71,8 | 3,5 |
| Promedio | 70,77 | 69,97 | 3,52 |
| Temperatura Promedio | | 70,37 | |

Fuente: Elaboración propia en base datos tomados en planta

ANEXO 30

Temperaturas de agua

| MIX1 agua | | | MIX2 agua | | MIX3 agua | |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| °N | T _e °C | T _R °C | T _e °C | T _R °C | T _e °C | T _R °C |
| 1 | 67,2 | 66,8 | 80,1 | 79 | 73 | 73 |
| 2 | 65,3 | 64,4 | 75,3 | 74,9 | 65,8 | 64,4 |
| 3 | 64,4 | 64,2 | 73,6 | 73,1 | 67,6 | 67,1 |
| 4 | 68,7 | 68,4 | 74,1 | 73,4 | 75,9 | 75,4 |
| 5 | 69,7 | 69,7 | 73,7 | 73 | 74,9 | 74,7 |
| 6 | 70,1 | 69,4 | 72,8 | 72,1 | 76,3 | 75,9 |
| 7 | 71,1 | 70,8 | 71,1 | 70,8 | 74,9 | 74,1 |
| 8 | 68,3 | 67,9 | 69,9 | 69,4 | 76,5 | 76,5 |
| 9 | 69,1 | 69,1 | 64,7 | 64,4 | 68,9 | 80,6 |
| 10 | 66,8 | 66,7 | 76,4 | 76 | 66,1 | 66 |
| Prom. | 68,07 | 67,74 | 73,17 | 72,61 | 71,99 | 72,77 |

Fuente: elaboración propia en base datos obtenidos de planta

Densidades de NaOH y HNO₃

| densidad NaOH | | | | densidad HNO ₃ | | |
|---------------|---------|-------|-----------------------|---------------------------|-------|-----------------------|
| °N | m (g) | V (l) | ρ(g/l) | m (g) | V (l) | ρ(g/l) |
| 1 | 1002,5 | 1 | 1002,44 | 1001,6 | 1 | 1001,57 |
| 2 | 1002,1 | 1 | ρ(Kg/m ³) | 1001,5 | 1 | ρ(Kg/m ³) |
| 3 | 1002,6 | 1 | 1002,44 | 1001 | 1 | 1001,57 |
| 4 | 1002,5 | 1 | | 1001,8 | 1 | |
| 5 | 1002,6 | 1 | | 1001,9 | 1 | |
| 6 | 1002,3 | 1 | | 1001,6 | 1 | |
| 7 | 1002,6 | 1 | | 1001,4 | 1 | |
| 8 | 1002,1 | 1 | | 1001,6 | 1 | |
| 9 | 1002,9 | 1 | | 1001,6 | 1 | |
| 10 | 1002,2 | 1 | | 1001,7 | 1 | |
| | 1002,44 | | | 1001,57 | | |

Fuente: elaboración propia en base datos obtenidos de planta

ANEXO 31

Equipos de protección personal



Fuente: SOALPRO Srl





Laboratorio planta lácteos



Fuente: SOALPRO Srl








ANEXO 32

RESISTENCIA DE CODOS, TEES Y CURVAS. (MEDIDO EN LONGITUD EQUIVALENTE, PIES)

| Diámetro nominal pulgs. | Codo 90° | | Curva 90° | | Te | |
|-------------------------|---|--------|---|-------|---|---|
| |  | |  | | Flujo curvo | Flujo recto |
| | R=1D | R=1.5D | R=5D | R=10D |  |  |
| 1 1/2 | 4.5 | 3 | 2.5 | 4 | 8 | 3 |
| 2 | 5.25 | 3.5 | 3 | 5 | 11 | 3.5 |
| 2 1/2 | 6 | 4 | 3.5 | 6 | 13 | 4 |
| 3 | 7.5 | 5 | 4 | 7.5 | 16 | 5 |
| 4 | 10.5 | 7 | 5.5 | 10 | 20 | 7 |
| 6 | 15 | 10 | 8.5 | 15 | 30 | 10 |
| 8 | 21 | 14 | 11 | 20 | 40 | 14 |
| 10 | 24 | 16 | 14 | 25 | 50 | 16 |
| 12 | 32 | 21 | 16 | 30 | 60 | 21 |
| 14 | 33 | 22 | 19 | 33 | 65 | 22 |
| 16 | 39 | 26 | 21 | 38 | 75 | 26 |
| 18 | 44 | 29 | 24 | 42 | 86 | 29 |
| 20 | 48 | 32 | 27 | 50 | 100 | 32 |
| 24 | 57 | 38 | 32 | 60 | 120 | 38 |

Fuente: <https://es.slideshare.net/omarlagla/longitud-equivalente-123>

RESISTENCIA AL FLUJO PARA VARIOS TIPOS DE VÁLVULAS (MEDIDOS EN UNIDADES DE LONGITUD EQUIVALENTE, PIES)

| Diámetro nominal de tubería (pulg) | Válvula compuerta totalmente abierta | Globo* total abierto ángulo valv. Asiento | | | Válvula de retención (check) | | macho | Vál. Macho de 3 vías | | Válvula mariposa totalmente abierta |
|------------------------------------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|-------|---|---|-------------------------------------|
| | | 90° | 60° | 45° | vaivén | bolas | | flujo recto | flujo curvo | |
| | |  |  |  |  |  | |  |  | |
| 1 1/2 | 1.75 | 46 | 23 | 18 | 17 | 20 | 2.5 | 6 | 20 | 6 |
| 2 | 2.25 | 60 | 30 | 24 | 22 | 25 | 3.5 | 7.5 | 24 | 8 |
| 2 1/2 | 2.75 | 70 | 38 | 30 | 27 | 30 | 4 | 9 | 30 | 10 |
| 3 | 3.5 | 90 | 45 | 38 | 35 | 38 | 5 | 12 | 36 | 12 |
| 4 | 4.5 | 120 | 60 | 48 | 45 | 50 | 6.5 | 15 | 48 | 15 |
| 6 | 6.5 | 175 | 88 | 72 | 65 | 75 | 10 | 22 | 70 | 23 |
| 8 | 9 | 230 | 120 | 95 | 90 | 100 | 13 | 30 | 95 | 27 |
| 10 | 12 | 280 | 150 | 130 | 120 | 130 | 16 | 38 | 120 | 35 |
| 12 | 14 | 320 | 170 | 145 | 140 | 150 | 19 | | | 40 |
| 14 | 15 | 380 | 190 | 160 | 150 | 170 | 20 | | | 45 |
| 16 | 17 | 420 | 220 | 180 | 170 | 190 | 22 | | | 50 |
| 18 | 18 | 480 | 250 | 205 | 180 | 210 | 24 | | | 58 |
| 20 | 20 | 530 | 290 | 240 | 200 | 240 | 27 | | | 64 |
| 24 | 32 | 630 | 330 | 270 | 250 | 290 | 33 | | | 78 |

* Para válvulas de globo parcialmente cerradas, multiplicar el valor tabulado por 3, y por 12 si está media abierta y por 70 para 1/4 abierto.

Fuente: <https://es.slideshare.net/omarlagla/longitud-equivalente-123>

ANEXO 33

Caudales en función al diámetro de trabajo mínimo, norma y máximo

| D (mm) | Q (m ³ /h) min. | D (mm) | Q (m ³ /h) norma | D (mm) | Q (m ³ /h) máx. |
|--------|----------------------------|--------|-----------------------------|--------|----------------------------|
| 25 | 3 | 25 | 4 | 25 | 7 |
| 40 | 7 | 40 | 9 | 40 | 18 |
| 50 | 11 | 50 | 14 | 50 | 28 |
| 80 | 27 | 80 | 36 | 80 | 72 |
| 100 | 42 | 100 | 57 | 100 | 113 |
| 125 | 66 | 125 | 88 | 125 | 177 |
| 150 | 95 | 150 | 127 | 150 | 254 |
| 200 | 170 | 200 | 226 | 200 | 452 |
| 250 | 265 | 250 | 354 | 250 | 707 |

Fuente: Tesis Evaluación del rendimiento del sistema CIP de Gustavo Adolfo Romero


Composición del gas natural Boliviano

| Rangos de Composición del Gas Boliviano | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| COMPONENTE | COMPOSICIÓN % | | |
| | Metano Alto C ₁ | Metano Bajo C ₁ | Clase de Gas |
| NITRÓGENO N ₂ | 1,85 | 2,546 | Gases Inertes |
| DIÓXIDO DE CARBONO CO ₂ | 0,941 | 0,623 | |
| METANO C ₁ | 92,316 | 85,340 | Gas Seco |
| ETANO C ₂ | 4,502 | 6,343 | |
| PROPANO C ₃ | 0,349 | 3,103 | Contenido como GLP |
| I-BUTANO I-C ₄ | 0,002 | 0,372 | |
| n-BUTANO n-C ₄ | 0,010 | 0,919 | |
| I-PENTANO I-C ₅ | 0,005 | 0,215 | Contenido como Gasolina Natural |
| n-PENTANO n-C ₅ | 0,007 | 0,252 | |
| HEXANO C ₆ | 0,003 | 0,141 | |
| HEPTANO + C ₇ | 0,015 | 0,106 | |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 | |
| DENSIDAD | 0,596 | 0,666 | Promedio: 0,63 |
| PODER CALORÍFICO BTU/PC | 1006,82 | 1106,91 | Promedio: 1056,87 |
| PODER CALORÍFICO kcal/m3 | 8959,83 | 9850,48 | Promedio: 9405.16 |
| PESO MOLECULAR | 17,28 | 19,28 | Promedio: 18,28 |

Fuente: Introducción al gas natural Ing. Orlando Melgar Quevedo

ANEXO 34

Fichas Internacionales de Seguridad Química

| HIDRÓXIDO DE SODIO | | ICSC: 0360 Mayo 2010 | |
|---|--|---|---|
| CAS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS: | 1310-73-2 1823 011-002-00-6 215-185-5 | Sosa cáustica Hidrato de sodio Sosa NaOH Masa molecular: 40.0 |  |
| TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN | PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS | PREVENCIÓN | PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS |
| INCENDIO | No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar calor suficiente para provocar la ignición de materiales combustibles. | NO poner en contacto con el agua. | En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. |
| EXPLOSIÓN | Riesgo de incendio y explosión en contacto con: (ver Peligros Químicos). | NO poner en contacto con materiales incompatibles. (Ver Peligros Químicos). | |
| EXPOSICIÓN | | ¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO! | ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS! |
| Inhalación | Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo. | Extracción localizada o protección respiratoria. | Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica. |
| Piel | Enrojecimiento. Dolor. Graves quemaduras cutáneas. Ampollas. | Guantes de protección. Traje de protección. | Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica. |
| Ojos | Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves. | Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria. | Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica. |
| Ingestión | Dolor abdominal. Quemaduras en la boca y la garganta. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Náuseas. Vómitos. Shock o colapso. | No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. | Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber un vaso pequeño de agua, pocos minutos después de la ingestión. Proporcionar asistencia médica inmediatamente. |
| DERRAMES Y FUGAS | | ENVASADO Y ETIQUETADO | |
| Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico. Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. | | No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Nocivo en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Puede provocar irritación respiratoria. | |
| RESPUESTA DE EMERGENCIA | | ALMACENAMIENTO | |
| Código NFPA: H3; F0; R1 | | Separado de alimentos y piensos, ácidos fuertes y metales. Almacenar | |

Fuente: SOALPRO Srl.

ANEXO 35

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD ACIDO NITRICO



Fecha Revisión: 21/12/2005

SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

| | |
|--|--|
| Nombre del Producto: | ACIDO NITRICO |
| Sinónimos: | Nitrato de hidrógeno, Agua fuerte, Acido nítrico 50-70%, Acido azótico. |
| Fórmula: | HNO3 |
| Número interno: | |
| Número UN: | 2031 |
| Clase UN: | 8 |
| Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad: | Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia. |
| Teléfonos de Emergencia: | |

SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

| Componente | CAS | COMPONENTES | | |
|---------------|--|--------------------|--------------------|-------|
| | | TWA | STEL | % |
| Acido Nítrico | 7697-37-2 | 2 ppm (ACGIH 2004) | 4 ppm (ACGIH 2004) | 50-70 |
| Agua | 7732-18-5 | N.R. (ACGIH 2004) | N.R. (ACGIH 2004) | 30-50 |
| Uso: | En la manufactura de nitrato de amonio para la elaboración de fertilizantes, químicos orgánicos tales como tintas, explosivos, nitratos y nylon; metalurgia; fotograbados; flotación de minerales; medicina; acero para grabado químico. | | | |

SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

| | |
|---|--|
| VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS: | |
| Apariencia: líquido claro a amarillo. ¡Veneno! ¡Peligro! Oxidante fuerte. En contacto con otro material puede provocar fuego. Corrosivo. El aerosol y líquido causan severas quemaduras al tejido corporal. Puede ser fatal si se ingiere o inhala. La inhalación puede causar daño a pulmones y dientes. | |
| EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD: | |
| Inhalación: | ¡Corrosivo! Irritación de la nariz y la garganta. Las altas concentraciones en el aire pueden provocar edema y congestión pulmonar severos. Los síntomas pueden aparecer entre 4 a 30 horas. |
| Ingestión: | ¡Corrosivo! La ingestión de ácido nítrico puede causar inmediatamente dolor y quemaduras de la boca, garganta, esófago y tracto gastrointestinal. |
| Piel: | ¡Corrosivo! Irritación, coloración amarilla y graves quemaduras. |
| Ojos: | ¡Corrosivo! Los vapores irritan y pueden causar daño a los ojos. El contacto puede causar las quemaduras severas y daño permanente a los ojos. |
| Efectos crónicos: | Daños a los pulmones (neumonía crónica y bronquitis), erosión y pérdida de los dientes. |

ACIDO NITRICO
PROQUIMORT 1

Fuente: SOALPRO Srl

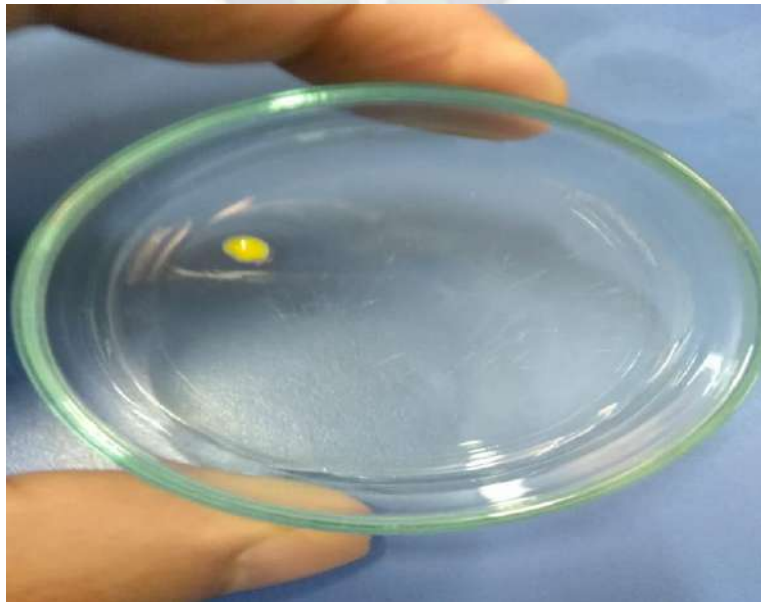
ANEXO 36

Placa para recuento de levaduras



Fuente: Laboratorio Planta Lácteos Soalpro Srl

Placa para recuento de mesófilos



Fuente: Laboratorio Planta Lácteos Soalpro Srl

ANEXO 37

La Paz, 8 de septiembre de 2018

Señor(a):

Lic. Graciela Espinoza

Directora de carrera

Química Industrial

Facultad de tecnología UMSA

MSc. Mario Lucio Hilaquita Ch.

Docente Tutor

Presente.

Es suscrito Jefe de Planta Lácteos de SOALPRO S.R.L. Ing. Eduardo Calderon, certifica que el señor **Nelson Wilfredo Navia Callisaya** ha realizado el proyecto:

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE PARAMETROS DEL SISTEMA DE LIMPIEZA C.I.P. EN TANQUES ELABORACION DE LA PLANTA DE LÁCTEOS SOALPRO SRL.

En nuestra empresa.

Durante la ejecución de sus labores demostró gran interés, responsabilidad, disciplina y capacidad. Su colaboración es altamente reconocida por la empresa.

Es cuanto tengo bien a certificar.


Ing. Eduardo Calderon
JEFE DE PLANTA LÁCTEOS
SOALPRO S.R.L.
JEFE DE PLANTA LÁCTEOS


Ing. Carlos Mercado
SUB JEFE DE PLANTA LÁCTEOS
SOALPRO S.R.L.
SUB JEFE DE PLANTA LÁCTEOS