



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE
LAVANDERÍA DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS POR MEDIO DE LA
APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

Ana Lucrecia González Almengor

Asesorado por el Ing. Axel Oswaldo Higueros Avendaño

Guatemala, mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE
LAVANDERÍA DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS POR MEDIO DE LA
APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANA LUCRECIA GONZÁLEZ ALMENGOR

ASESORADA POR EL ING. AXEL OSWALDO HIGUEROS AVENDAÑO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| VOCAL I | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL III | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón |
| VOCAL IV | Br. Juan Carlos Molina Jiménez |
| VOCAL V | Br. Mario Maldonado Muralles |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| EXAMINADORA | Inga. Gladys Lorraine Carles Zamarripa |
| EXAMINADORA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |
| EXAMINADOR | Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha marzo de 2011.


Ana Lucrecia González Almengor



Guatemala, 15 de marzo de 2012.

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
USAC

Esperando se encuentre bien de salud y desearle éxitos en sus actividades cotidianas.

Por este medio me dirijo a su persona, para informarle que he asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado: **“REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA”**, que desarrolló la estudiante: Ana Lucrecia González Almengor quien se identifica con el carné número 2006-10975, el cual cumplió con los objetivos propuestos.

Por su atención muy agradecido.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Axel Higueros".

Ing. Axel Oswaldo Higueros Avendaño

Colegiado No. 6476

Asesor

Ing Axel Higueros

COI 6476



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**, presentado por el estudiante universitario **Ana Lucrecia González Almengor**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Miriam Patricia Rubio Contreras
INGENIERA INDUSTRIAL
COL. 4074

Guatemala, abril de 2012.

/mgp



REF.DIR.EMI.080.012

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**, presentado por la estudiante universitaria **Ana Lucrecia González Almengor**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial




Guatemala, mayo de 2012.


/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**, presentado por la estudiante universitaria **Ana Lucrecia González Almengor**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, mayo de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi sabiduría y fortaleza para llegar a culminar mi carrera. Así como llenarme de bendiciones a lo largo de mi vida.
- Mis padres** Lidia Argentina Almengor Velásquez y Edgar Rodolfo González Mayen, por ser mis modelos de perseverancia, responsabilidad y amor. Este logro es de ustedes. Gracias por ser mis ángeles guardianes en este mundo.
- Mis hermanas** Iris Lucia, Claudia Liliana y Cristina Lisethe. Por compartir mis éxitos y fracasos. Gracias por su amor y apoyo. En especial gracias por todos esos momentos que quedaron grabados por siempre en mi corazón.
- Mis abuelos** Argentina Velásquez, por haberme dado a mi ángel guardián, por tu apoyo incondicional y sabiduría brindada. Gracias.
Natalia Mayen (q.e.p.d.) por haberme dejado en este mundo a mi ángel guardián. Gracias.
Aparicio Almengor, por haberme guiado en mi camino y por tu sabiduría brindada. Gracias.
Daniel González (q.e.p.d.) por haber sido el modelo a seguir de mi mejor amigo. Gracias.

Familiares

Con cariño sincero. En especial a mis tíos maternos: Sonia, Henry y Jorge Almengor por demostrarme lo que es el amor incondicional de una familia. A mis tíos paternos: Mario González y Estuardo González. Gracias.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|--------------------|--|
| Dios | Por ser el guía de mi vida. |
| Mi familia | Por su apoyo, amor incondicional y por enseñarme a luchar por mis sueños. |
| Mis abuelos | Por estar junto a mí en los momentos más difíciles de mi vida. |
| Mis tíos | Por ser cada uno especial conmigo. Gracias por todos sus consejos. |
| Mis primos | En especial a Claudia Granados, Andrea Almengor, Vanessa Granados, Patricia Almengor, Sindy Almengor, Gabriela Granados, Mildred Almengor, Pablo Almengor, Henry Almengor y Jorge Almengor por brindarme una infancia memorable junto a ustedes. Gracias por todo su apoyo y cariño. |
| Mis amigos | Por ser incondicionales. Gracias por todo su apoyo y cariño. |
| Mi asesor | Axel Oswaldo Higueros Avendaño, por su tiempo, apoyo, motivación y comprensión en la realización de este trabajo. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | XI |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | XV |
| GLOSARIO..... | XVII |
| RESUMEN..... | XXIII |
| OBJETIVOS..... | XXV |
| INTRODUCCIÓN..... | XXVII |
| | |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES..... | 1 |
| 1.1. La situación hospitalaria en Guatemala..... | 1 |
| 1.2. El Hospital San Juan de Dios..... | 1 |
| 1.2.1. Historia del hospital..... | 2 |
| 1.2.2. Planificación estratégica del hospital..... | 3 |
| 1.2.2.1. Misión..... | 3 |
| 1.2.2.2. Visión..... | 4 |
| 1.2.2.3. Valores y objetivos..... | 4 |
| 1.2.3. Estructura organizacional..... | 4 |
| 1.3. Importancia del tema ambiental en Guatemala..... | 7 |
| 1.3.1. Constitución Política de la República de Guatemala..... | 7 |
| 1.3.2. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente..... | 8 |
| 1.3.3. Ley Orgánica de la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales..... | 9 |
| 1.3.4. Ley de Fomento de la Educación Ambiental..... | 9 |

| | | |
|----------|--|----|
| 1.3.5. | Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental..... | 10 |
| 1.3.6. | Reglamento de las descargas y rehúso de aguas residuales..... | 10 |
| 1.4. | Producción más Limpia..... | 11 |
| 1.4.1. | Antecedentes de la Producción más Limpia..... | 11 |
| 1.4.1.1. | El papel de la industria en el desarrollo sostenible..... | 12 |
| 1.4.1.2. | Producción más Limpia y las PYMES... | 14 |
| 1.4.2. | Políticas Públicas y Políticas Ambientales..... | 15 |
| 1.4.3. | Concepto de Producción más Limpia (P+L) | 16 |
| 1.4.4. | Método de P+L versus al final del tubo..... | 18 |
| 1.4.5. | Beneficios de la Producción más Limpia..... | 19 |
| 1.4.5.1. | Beneficios Económicos..... | 19 |
| 1.4.5.2. | Beneficios Ambientales..... | 20 |
| 1.4.5.3. | Beneficios sociales y laborales..... | 21 |
| 1.4.6. | Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.... | 21 |
| 1.5. | Aguas residuales..... | 22 |
| 1.5.1. | Conceptos generales de aguas residuales..... | 23 |
| 1.5.1.1. | Causas y definiciones de contaminación de aguas..... | 23 |
| 1.5.1.2. | Impacto que producen las aguas residuales en el ambiente..... | 23 |
| 1.5.2. | Tipos de aguas residuales..... | 24 |
| 1.5.3. | Control de la calidad de las aguas residuales..... | 26 |
| 1.5.4. | Parámetros fisicoquímicos sanitarios..... | 27 |
| 1.6. | Historia de la producción de jabón para lavar ropa..... | 29 |
| 1.6.1. | Componentes y funcionamiento..... | 30 |

| | | |
|----------|--|----|
| 1.6.2. | Las empresas productoras de jabón en Guatemala..... | 33 |
| 2. | ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL..... | 35 |
| 2.1. | Evaluación preliminar..... | 35 |
| 2.1.1. | Proceso de la lavandería..... | 35 |
| 2.1.1.1. | Descripción del proceso..... | 37 |
| 2.1.1.2. | Insumos y productos..... | 43 |
| 2.1.1.3. | Turnos..... | 44 |
| 2.2. | Diagrama del proceso..... | 46 |
| 2.3. | Diseño de las lavadoras..... | 51 |
| 2.3.1. | Mantenimiento preventivo y correctivo..... | 55 |
| 2.3.2. | Incrustaciones..... | 58 |
| 2.4. | Diseño de las secadoras..... | 59 |
| 2.4.1. | Mantenimiento preventivo y correctivo..... | 62 |
| 2.5. | Aguas residuales de la lavandería..... | 65 |
| 2.5.1. | Parámetros fisicoquímicos sanitarios..... | 66 |
| 2.6. | Capacidad instalada actual..... | 67 |
| 2.7. | Volumen de desechos generados..... | 72 |
| 2.8. | Aspectos actuales de seguridad e higiene industrial..... | 73 |
| 2.9. | Costos actuales..... | 74 |
| 3. | PROPUESTA DE LAS MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA..... | 79 |
| 3.1. | Analizar el proceso e identificar el origen de los desechos..... | 80 |
| 3.2. | Determinar variables a medir..... | 80 |
| 3.2.1. | Indicadores de entrada del proceso..... | 80 |
| 3.2.2. | Elementos del proceso e indicadores de relación.... | 81 |
| 3.2.3. | Indicadores de salida del proceso..... | 81 |
| 3.2.4. | Seleccionar los indicadores correctos..... | 81 |

| | | |
|------------|---|----|
| 3.2.5. | Desarrollar definiciones operacionales de medición..... | 82 |
| 3.2.6. | Desarrollar un plan de medición..... | 83 |
| 3.3. | Recolectar datos..... | 83 |
| 3.4. | Balance de energía..... | 83 |
| 3.4.1. | Lavadora..... | 84 |
| 3.4.2. | Secadora..... | 85 |
| 3.5. | Evaluación de detergente..... | 85 |
| 3.5.1. | Evaluación de datos cuantitativos de detergente.... | 86 |
| 3.5.2. | Balance de material de detergente..... | 86 |
| 3.5.3. | Medidas de producción más Limpia de detergente.. | 87 |
| 3.5.3.1. | Evaluación y estudio de factibilidad de detergente..... | 87 |
| 3.5.3.1.1. | Evaluación técnica de detergente..... | 87 |
| 3.5.3.1.2. | Evaluación económica de detergente..... | 88 |
| 3.5.3.1.3. | Evaluación ambiental de detergente..... | 88 |
| 3.6. | Evaluación de cloro..... | 89 |
| 3.6.1. | Evaluación de datos cuantitativos de cloro..... | 90 |
| 3.6.2. | Balance de material de cloro..... | 90 |
| 3.6.3. | Medidas de Producción más Limpia de cloro..... | 91 |
| 3.6.3.1. | Evaluación y estudio de factibilidad..... | 91 |
| 3.6.3.1.1. | Evaluación técnica de cloro..... | 91 |
| 3.6.3.1.2. | Evaluación económica de cloro..... | 91 |

| | | | |
|------|------------|---|----|
| | 3.6.3.1.3. | Evaluación ambiental de cloro | 92 |
| 3.7. | | Evaluación de desinfectante..... | 92 |
| | 3.7.1. | Evaluación de datos cuantitativos de desinfectante..... | 93 |
| | 3.7.2. | Balance de material de desinfectante..... | 93 |
| | 3.7.3. | Medidas de Producción más Limpia de desinfectante..... | 94 |
| | 3.7.3.1. | Evaluación y estudio de factibilidad de desinfectante..... | 94 |
| | | 3.7.3.1.1. Evaluación técnica de desinfectante..... | 94 |
| | | 3.7.3.1.2. Evaluación económica de desinfectante..... | 95 |
| | | 3.7.3.1.3. Evaluación ambiental de desinfectante | 95 |
| 3.8. | | Evaluación de incrementador..... | 96 |
| | 3.8.1. | Evaluación de datos cuantitativos de incrementador..... | 96 |
| | 3.8.2. | Balance de material de incrementador..... | 96 |
| | 3.8.3. | Medidas de producción más Limpia de incrementador..... | 97 |
| | 3.8.3.1. | Evaluación y estudio de factibilidad de incrementador..... | 97 |
| | | 3.8.3.1.1. Evaluación técnica de incrementador..... | 97 |
| | | 3.8.3.1.2. Evaluación económica de incrementador..... | 98 |

| | | | |
|-------|------------|--|------------|
| | 3.8.3.1.3. | Evaluación ambiental de incrementador..... | 98 |
| 3.9. | | Generar opciones de minimización de residuos..... | 99 |
| | 3.9.1. | Pruebas de cambios a parámetros de insumos..... | 99 |
| | 3.9.1.1. | Jabón en polvo 1..... | 100 |
| | 3.9.1.2. | Jabón en polvo 2..... | 100 |
| | 3.9.1.3. | Jabón en polvo 3..... | 100 |
| | 3.9.1.4. | Jabón líquido..... | 101 |
| | 3.9.1.5. | Tiempo..... | 101 |
| | 3.9.1.6. | Desinfectante..... | 101 |
| | 3.9.1.7. | Detergente clorado al 16 por ciento.... | 102 |
| | 3.9.1.8. | Cloro..... | 102 |
| | 3.9.1.9. | Incrementador..... | 102 |
| 3.10. | | Establecimiento de medidas adecuadas entre lavadas y los distintos insumos a utilizar en prueba piloto..... | 102 |
| 3.11. | | Nuevo volumen de desechos generados..... | 103 |
| 3.12. | | Análisis financiero | 104 |
| | 3.12.1. | VAN..... | 108 |
| | 3.12.2. | TIR..... | 111 |
| | 3.12.3. | Relación Beneficio/Costo..... | 111 |
| 4. | | IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA..... | 115 |
| | 4.1. | Pruebas piloto de medidas..... | 115 |
| | 4.1.1. | Monitoreo de agua residual..... | 115 |
| | 4.1.2. | Análisis de prueba piloto..... | 116 |
| | 4.1.3. | Conclusiones de prueba piloto..... | 117 |
| | 4.2. | Implementación de medidas para la materia prima..... | 117 |
| | 4.2.1. | Detergente..... | 118 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.2.2. | Incrementador..... | 118 |
| 4.2.3. | Cloro..... | 118 |
| 4.2.4. | Desinfectante..... | 118 |
| 4.2.5. | Energía..... | 119 |
| 4.3. | Definir procedimientos de mejora en el proceso de lavandería..... | 119 |
| 4.4. | Costo nuevo..... | 120 |
| 4.5. | Cronograma de actividades..... | 121 |
| 4.6. | Beneficios obtenidos por las medidas de producción más Limpia..... | 121 |
| 4.6.1. | Seguridad e higiene industrial..... | 121 |
| 4.6.2. | Mantenimiento preventivo y correctivo..... | 122 |
| 5. | SEGUIMIENTO DE LAS MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.. | 125 |
| 5.1. | Estándares máximos y mínimos a cumplir..... | 125 |
| 5.1.1. | Parámetros fisicoquímicos del agua..... | 125 |
| 5.1.2. | Jabón a consumir por libra de ropa lavada..... | 128 |
| 5.1.3. | Incrementador a consumir libra de ropa lavada..... | 128 |
| 5.1.4. | Cloro a consumir por libra de ropa lavada..... | 128 |
| 5.1.5. | Desinfectante a consumir por libra de ropa lavada..... | 128 |
| 5.2. | Monitoreo de las medidas implementadas..... | 129 |
| 5.2.1. | Parámetros fisicoquímicos del agua a determinar mensualmente..... | 129 |
| 5.2.2. | Reporte de jabón, desinfectante, incrementador cloro utilizados y libras lavadas realizadas día a día..... | 129 |
| 5.2.2.1. | Verificación del cumplimiento de estándares..... | 130 |

| | | | |
|------|------------|--|-----|
| | 5.2.2.1.1. | Medidas correctivas en el caso del no cumplimiento de estándares..... | 130 |
| | 5.2.3. | Reporte mensual de evaluación de indicadores de desempeño..... | 131 |
| | 5.2.3.1. | Reducción de desechos..... | 131 |
| | 5.2.3.2. | Reducción de consumo de materiales..... | 132 |
| 5.3. | | Plan para sostener las actividades de Producción más Limpia..... | 134 |
| | 5.3.1. | Actividades..... | 134 |
| | 5.3.2. | Requerimientos y recursos..... | 135 |
| | 5.3.3. | Responsables..... | 136 |
| 6. | | MEDIO AMBIENTE..... | 137 |
| | 6.1. | Efecto en el medio ambiente de las evaluaciones de parámetros fisicoquímicos sanitarios antes y después de la aplicación de Producción más Limpia..... | 137 |
| | 6.2. | Efecto de la disminución del consumo de energía en el medio ambiente..... | 139 |
| | 6.3. | Impacto de las materias primas de la lavadora en el medio ambiente..... | 139 |
| | 6.4. | Tratamiento de agua residual del hospital general San Juan de Dios..... | 141 |
| | 6.4.1. | Proceso..... | 141 |
| | 6.4.2. | Cumplimiento legal..... | 143 |
| | 6.5. | Medidas de mitigación..... | 143 |

| | |
|----------------------|-----|
| CONCLUSIONES..... | 145 |
| RECOMENDACIONES..... | 147 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 149 |
| APÉNDICE..... | 151 |
| ANEXOS..... | 155 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|-----|
| 1. | Estructura organizacional parcial del hospital..... | 5 |
| 2. | Estructura organizacional de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales..... | 6 |
| 3. | Estructura organizacional del departamento de lavandería..... | 6 |
| 4. | Carritos para la recolección y el traslado de ropa..... | 37 |
| 5. | Clasificadores de ropa del departamento de lavandería..... | 42 |
| 6. | Diagrama de flujo de proceso para el lavado..... | 48 |
| 7. | Diagrama de operaciones del proceso de lavado..... | 49 |
| 8. | Diagrama de recorrido actual..... | 50 |
| 9. | Lavadoras Renzacci..... | 54 |
| 10. | Secadora <i>Drydynamic</i> | 62 |
| 11. | Representación de un balance total..... | 79 |
| 12. | Diagrama de la fabricación de un detergente..... | 86 |
| 13. | Estado de costo de producción actual..... | 104 |
| 14. | Estado de costo de producción propuesta 1..... | 105 |
| 15. | Estado de costo de producción propuesta 2..... | 105 |
| 16. | Estado de costo de producción propuesta 3..... | 106 |
| 17. | Estado de costo de producción propuesta 4..... | 106 |
| 18. | Comparación de las propuestas versus reducción de DBO del desecho líquido..... | 108 |
| 19. | Diagrama flujo de efectivo de la propuesta de Producción más Limpia..... | 109 |

TABLAS

| | | |
|--------|---|-----|
| I. | Principales diferencias entre Producción más Limpia y control de contaminación al final del tubo..... | 18 |
| II. | Distribución de las empresas dedicadas a la producción de jabones y detergentes..... | 34 |
| III. | Marcas de distribución de detergentes en polvo en Guatemala..... | 34 |
| IV. | Horarios de trabajo del departamento de lavandería..... | 45 |
| V. | Distribución de los operarios del departamento de lavandería del Hospital San Juan de Dios..... | 46 |
| VI. | Desglose de los tiempos para el lavado..... | 47 |
| VII. | Desglose de los tiempos para el secado..... | 47 |
| VIII. | Listado de máquinas para el lavado de la ropa del hospital..... | 52 |
| IX. | Procedimiento de lavado para ropa liviana..... | 53 |
| X. | Procedimiento de lavado para ropa pesada..... | 53 |
| XI. | Listado de máquinas para el secado de la ropa del hospital..... | 60 |
| XII. | Descripción general del procedimiento de secado..... | 61 |
| XIII. | Horas efectivas de tiempo trabajado por los operarios del departamento de lavandería..... | 67 |
| XIV. | Capacidad del proceso para el lavado de ropa liviana..... | 69 |
| XV. | Capacidad del proceso para el lavado de ropa pesada..... | 70 |
| XVI. | Capacidad del proceso para el secado de ropa..... | 70 |
| XVII. | Resumen por mes..... | 71 |
| XVIII. | Parámetros físicoquímico sanitarios de las pruebas piloto para la aplicación de Producción más Limpia | 116 |
| XIX. | Procedimiento de lavado para ropa liviana..... | 119 |
| XX. | Procedimiento de lavado para ropa pesada..... | 120 |
| XXI. | Costos directos..... | 122 |

| | | |
|---------|---|-----|
| XXII. | Modelo de reducción progresiva de cargas de demanda bioquímica de oxígeno..... | 126 |
| XXIII. | Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores..... | 127 |
| XXIV. | Ejemplo reducción de desechos parte I..... | 132 |
| XXV. | Ejemplo reducción de desechos parte II..... | 132 |
| XXVI. | Ejemplo reducción de consumo de materiales parte I..... | 133 |
| XXVII. | Ejemplo reducción de consumo de materiales parte II..... | 133 |
| XXVIII. | Parámetros fisicoquímico sanitarios antes y después de la aplicación de Producción más Limpia..... | 138 |
| XXIX. | Medidas de mitigación | 144 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|-----------------------|
| Δ | Cambio |
| ΔE | Cambio de energía |
| q | Calor |
| I | Corriente |
| g | Gramos |
| pH | Índice de acidez |
| Kw | Kilowatts |
| L | Litros |
| Lb | Libras |
| mg | Miligramos |
| ppm | Partes por millón |
| P | Potencia |
| P+L | Producción más Limpia |
| Q | Quetzales |
| W | Trabajo |
| V | Voltios |

GLOSARIO

| | |
|--------------------------|--|
| Agentes patógenos | Es toda aquella entidad biológica capaz de producir enfermedades o daños a la biología de un huésped (humano, animal o vegetal) sensiblemente predispuesto. |
| Agua residual | Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas. |
| Aniónico | Ion que tiene carga negativa. |
| Biodegradable | Es el producto o sustancia que puede descomponerse en sus elementos químicos que los conforman, debido a la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales. |
| Bioquímica | Ciencia que estudia la composición química de los seres vivos, especialmente las proteínas, carbohidratos, lípidos y las reacciones químicas que sufren estos compuestos (metabolismo) que les permiten obtener energía (catabolismo) y generar biomoléculas propias (anabolismo). |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Contaminación | Pertenencia de cualquier impureza material o energética, en un medio a niveles superiores a los normales. |
| Cloruros | Son compuestos que llevan un átomo de cloro en estado de oxidación formal -1. |
| Demanda bioquímica de oxígeno | Cantidad de oxígeno (medido en miligramos por litro) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. |
| Demanda química de oxígeno | La medida indirecta del contenido de materia orgánica o inorgánica la cual es oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química. |
| Detergente | Es una sustancia tensoactiva y anfipática que tiene la propiedad química de disolver la suciedad o las impurezas de un objeto sin corroerlo. |
| Diagrama | Representación gráfica simplificada de un proceso o programa. |

| | |
|----------------------|---|
| Eficiencia | Medida o parámetro, que define la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados para obtenerlos. |
| Electrolisis | Método de separación de los elementos que forman un compuesto aplicando electricidad. |
| Emulsificante | Es un compuesto que por su naturaleza, puede hacer que la unión de grasas y agua sea estable y no se forme dos capas, formándose una emulsión. |
| Escorrentía | Lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. |
| Floculó | Es un grumo de materia orgánica formado por agregación de sólidos en suspensión, en un líquido. |
| Fosfatos | Se utilizan en los detergentes para ablandar el agua ya que enmascaran el calcio formando un complejo. |

| | |
|--------------------------|---|
| Gestión ambiental | Conjunto de operaciones técnicas y actividades gerenciales, que tienen como objetivo asegurar que la obra, industria o actividad, opere dentro de las normas legales, técnicas y ambientales exigidas. |
| Impacto ambiental | Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocados por acción del hombre o fenómenos naturales en un área de influencia definida. |
| Incrustaciones | Se forman en el agua cuando hay exceso de iones de calcio y magnesio lo que produce un agua más duras. |
| Monitoreo | El proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes. |
| Muestra | La parte representativa a analizar, de las aguas residuales. |
| Nitritos | Son sales o ésteres del ácido nitroso (HNO_2). Los nitritos se forman por oxidación biológica de las aminas y del amoniaco. |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Potencial de Hidrógeno | Es una medida de acidez o alcalinidad de una sustancia. |
| Proceso | Serie de pasos o acciones para lograr un objetivo o meta, es más específico que el programa. |
| Producción más Limpia | Estrategia continua integrada, cuyo fin es el que se aumente la eficiencia. |
| Programa | Serie de actividades encaminadas a lograr una meta u objetivo, tiene una duración finita y recursos asignados. |
| PYME | Se les denomina así a la pequeña o medianas empresa con características distintivas y dimensiones con límites ocupacionales y financieros regulados en el Código Mercantil de Guatemala. |
| Registro Tributario Unificado | Registro creado por la Superintendencia de Administración Tributaria de Guatemala necesario para toda persona jurídica interesada en poder operar como importador. |
| Solubilidad | Es una medida de la capacidad de disolverse una determinada sustancia (solute) en un determinado medio (solvente). |

Tasa Interna de Retorno

Tasa a la cual un inversionista obtiene equilibrio en su proyecto.

Valor Actual Neto

Procedimiento que permite calcular el valor presente de un proyecto, con un determinado número de flujo de caja futuro.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación establece un estudio acerca de cómo se pueden implementar medidas de Producción más Limpia en los procesos del área de lavandería del Hospital General San Juan de Dios, indicando claramente las pruebas piloto o propuestas realizadas para reducir el volumen de desechos que se generan en el proceso y por ende minimizar costos. Además, se definirán las modificaciones que se le deben realizar a los procedimientos de operación para que estos sean más eficientes.

Por medio de un análisis financiero, se compararan los costos actuales y los costos con la propuesta planteada y se demostrará que con la implementación de las medidas de Producción más Limpia estas generan beneficios económicos en el proceso en comparación al presupuesto actual.

Con la realización de un análisis sobre la demanda bioquímica de oxígeno de cada una de las propuestas, se determinó que la propuesta elegida además de presentar beneficios económicos, también presenta una reducción significativa en la contaminación que genera el proceso generando así una Producción más Limpia.

Por último se determinaron los impactos ambientales que conlleva el proceso de lavandería en el hospital para demostrar cómo se reducen con la implantación del proyecto de Producción más Limpia y así ir introduciendo al personal administrativo y operativo dentro de una cultura organizacional generosa con el medio ambiente, al demostrarles los perjuicios con el medio ambiente de un proceso ineficiente.

OBJETIVOS

General

Desarrollar e implantar medidas de Producción más Limpia para reducir el volumen de desechos y minimizar costos, aprovechando de mejor forma las materias primas utilizadas en los procesos de lavandería del Hospital General San Juan de Dios.

Específicos

1. Implementar técnicas de Producción más Limpia que promuevan la ecoeficiencia en el proceso de lavandería.
2. Establecer mediante las evaluaciones técnica, económica y ambiental la prioridad en las materias primas que hagan más vulnerable de contaminación al medio ambiente, por los desechos que se generan a partir de las mismas.
3. Realizar las modificaciones necesarias en los procesos productivos para que sean ejecutados en un mayor nivel de eficiencia y menor nivel de desperdicio.
4. Introducir las medidas de Producción más Limpia en la cultura organizacional para obtener un diseño y manufactura verde armoniosos con el medio ambiente.

5. Evaluar la disminución de volumen de desechos y de consumo energético por la implementación de las medidas de Producción más Limpia en el proceso de lavandería.
6. Sensibilizar al personal administrativo y operativo respecto a los efectos económicos para la empresa y perjudiciales para el medio ambiente, ocasionados por los procesos poco ecológicos e ineficientes.
7. Efectuar un análisis comparativo de costos antes y después de la implementación de las medidas de Producción más Limpia.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental de todo tipo crea problemas en todo el mundo. Así en los últimos años se ha desarrollado el concepto 'tecnologías limpias', que no produce contaminantes e involucra procesos energéticos eficientes. Con el presente trabajo de graduación se pretende lograr obtener una disminución del volumen de desechos generados en el proceso de lavandería del Hospital General San Juan de Dios.

La Producción más Limpia (P+L) es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente. Puede ser aplicada a los procesos usados en cualquier industria, a los productos mismos y a los distintos servicios que proporciona a la sociedad. La Producción más Limpia describe un acercamiento preventivo a la gestión ambiental.

La metodología para la implementación de Producción más Limpia en una empresa, consiste en el análisis detallado de la misma, a través de una evaluación en planta, la cual consta de cuatro etapas básicas. La primera es la Preparación, donde se lleva a cabo una evaluación preliminar examinando la calidad en los procesos para determinar el potencial de Producción más Limpia.

La segunda es Balance de materia y energía, los procesos de producción seleccionados son analizados y se identifican los puntos donde se están generando los desechos o residuos, se realizan los balances para identificar y evaluar las posibles medidas de Producción más Limpia a implementar.

La tercera es Síntesis, donde se identifican las medidas orientadas a la optimización de los procesos, las cuales se evalúan utilizando criterios económicos, ambientales, técnicos y organizacionales; la cuarta es Implementación, donde se completa la síntesis y las medidas aceptadas son introducidas al procesos productivo, los resultados obtenidos son monitoreados y se comparan con los ahorros predichos en la síntesis.

El quinto capítulo presenta el seguimiento de las medidas implementadas a través de la mejora continua, el sexto capítulo presenta el impacto al medio ambiente antes y después de las medidas de Producción más Limpia así como las medidas de mitigación del proceso de lavandería.

La necesidad de reducir desperdicios nace a partir del conocimiento sobre uno de los estudios realizados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), reveló que la fuente principal de contaminación para el lago de Amatitlán proviene de los efluentes químicos que se desechan en los drenajes.

En su proceso de lavandería el Hospital General San Juan de Dios recupera en los desechos líquidos contenido de altos niveles de componentes químicos principalmente cloros, fosfatos, nitratos y nitritos, sin embargo, es necesario revisar los procedimientos actuales y optimizarlos para garantizar la mitigación de estos desechos. Así mismo, la necesidad de minimizar costos nace a partir del gran consumo energético efectuado por la maquinaria del proceso de lavandería, que a la larga significan un alza significativa en el costo del proceso.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La situación hospitalaria en Guatemala

Los hospitales públicos en Guatemala cuentan con un presupuesto limitado, aun cuando la salud es una necesidad primaria en cualquier población. Siendo así necesario que los profesionales del país utilicen las herramientas proporcionadas por la administración y la ingeniería, con el fin de minimizar los recursos utilizados y maximizar la calidad de los servicios ofrecidos. Obteniendo así la mejora de los servicios de salud en el país.

1.2. El Hospital General San Juan de Dios

El Hospital General San Juan de Dios de Guatemala, es un hospital nacional-docente asistencial de tercer nivel, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, es responsable de brindar atención médica integral, oportuna, eficiente y eficaz que contribuye a la salud de la población.

Se trata de una entidad pública de vanguardia con vocación docente, asistencial y de investigación, para brindar atención médica integral de tercer nivel a la población guatemalteca. El hospital cuenta con personal técnico y profesional especializados, utilizando la mejor tecnología. El mismo está ubicado en la primera avenida 10-50, de la zona 1, de la ciudad capital de Guatemala.

1.2.1. Historia del hospital

En 1630, procedentes de México arribaron a la muy noble y muy leal ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, hermanas hospitalarias de la Orden San Juan de Dios, bajo la dirección del padre Fray Carlos Cívico de la Cerda, así como otros religiosos. A la solicitud se acompañó no sólo la promesa de asistir a enfermos y la atención del hospital, sino la de cumplir con lo dispuesto por el Rey de España en 1632, de tratar con servicios médicos a los habitantes de América, como a españoles.

La devastación causada por los terremotos de Santa Marta en Santiago de los Caballeros en 1773 y 1774, en el Valle de Panchoy la destruyó de su sitio como capital, y su lugar fue cedido a la Nueva Guatemala de la Asunción, en el Valle de la Ermita.

El “Hospital General San Juan de Dios” fue puesto al servicio público en octubre de 1778, no se sabe con certeza el día que esto ocurrió, pero se ha celebrado el 24 de octubre, día de San Rafael Arcángel, patrono desde entonces, como fecha de aniversario. Ya en el siglo XX y debido al terremoto del 4 de febrero de 1976, el Hospital se vio en la necesidad de trasladar algunas de las áreas de atención médica al Parque de la Industria, en la zona 9 capitalina. En 1981 se trasladó el Hospital a las actuales instalaciones, en la zona 1.

El Hospital General San Juan de Dios, cuenta con el apoyo del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social para dar cumplimiento a la misión de brindar atención médica integral de tercer nivel a la población guatemalteca, con personal técnico y profesional especializado, usando la mejor tecnología.

El Hospital General San Juan de Dios es dirigido por la Dirección Ejecutiva, que cuenta con el apoyo de la Subdirección Médica, Subdirección Técnica, Asesoría Jurídica, Gerencia Financiera, Gerencia de Recursos Humanos, Gerencia de Mantenimiento y Comunicación Social y Relaciones Públicas.

Además, cuenta con aproximadamente 3 000 empleados, distribuidos de la siguientes forma: 1 300 personal de auxiliares de enfermería y enfermeras graduadas, 500 médicos y 1 200 trabajadores administrativos y de apoyo. El horario del personal que laboran en los distintos departamentos varía entre las 7:00 a 15:30 y de 8:00 a 16:30 horas y turnos rotativos.

1.2.2. Planificación estratégica del hospital

Esta es la planificación que incluye los aspectos abstractos de la forma en la que el hospital pretende funcionar. Incluye cuatro elementos, la misión, la visión, los valores de trabajo y los objetivos. La misión consiste en la descripción del hospital, a qué actividad se dedica y cómo realiza dicha actividad. La visión del hospital describe de manera general, lo que es el hospital en términos técnicos y administrativos, y a lo que aspira llegar a ser en el futuro. Los valores son el conjunto de paradigmas mentales que conforman la filosofía de trabajo y ética profesional propia de los trabajadores.

1.2.2.1. Misión

La misión del hospital es la siguiente: “Entregar atención integral a pacientes policomplejos durante todo su ciclo vital, con funcionarios motivados, competentes y con vocación docente, que cuentan con apoyo material, tecnológico y de infraestructura, acorde a las necesidades de los usuarios”.

1.2.2.2. Visión

La visión del hospital es la siguiente: “Ser reconocidos por resolver los problemas de salud de nuestros usuarios en forma acogedora, con altos estándares de calidad y eficiencia en la red asistencial asignada”.

1.2.2.3. Valores y objetivos

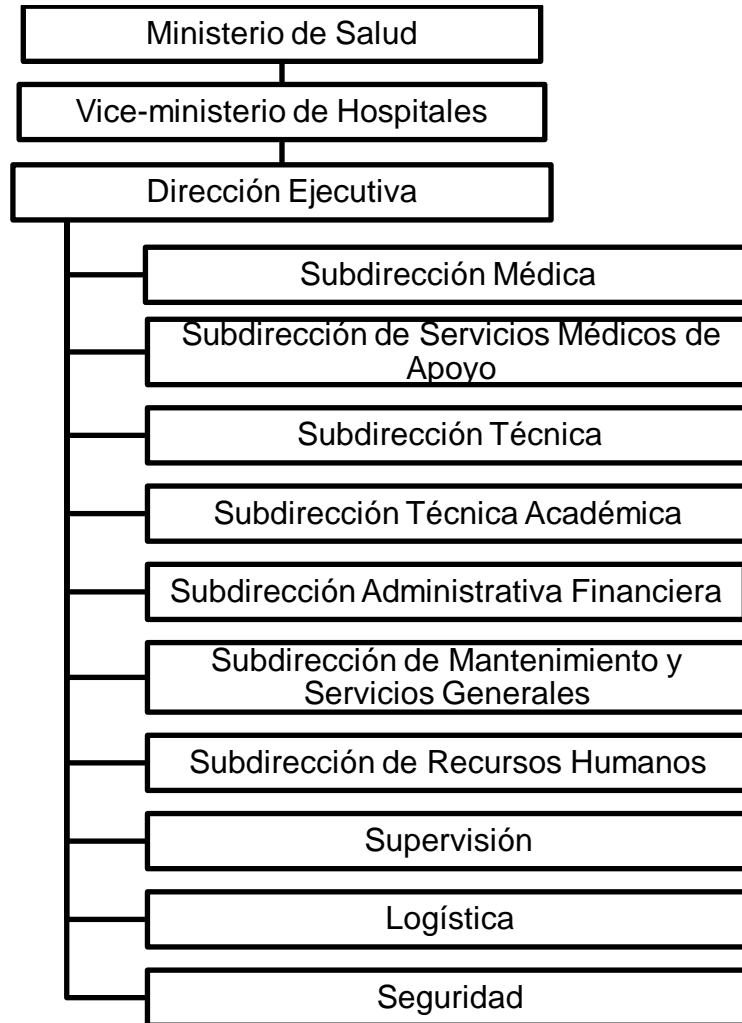
Los valores y objetivos son los siguientes: vocación de servicio público, vocación asistencial y docente, trabajo en equipo, eficiencia y eficacia en el uso de recursos, responsabilidad, respeto mutuo y disposición al aprendizaje continuo. Para pertenecer al equipo del hospital, es necesario que las personas cuenten con vocación de servicio y las siguientes cualidades:

- Consistencia laboral, que permite ofrecer el mismo servicio, hoy, mañana y siempre.
- Cortesía, trato respetuoso y cordial al usuario y al compañero de trabajo.
- Honestidad, el usuario confía en la institución porque necesita que se le brinde atención de calidad y calidez.

1.2.3. Estructura organizacional

La estructura organizacional establece un sistema de papeles que desarrollaran los miembros de una entidad para trabajar juntos de forma óptima y que se alcancen las metas fijadas en la planificación. Las autoridades del hospital en relación al Departamento de Lavandería se encuentran como se observa en la figura 1.

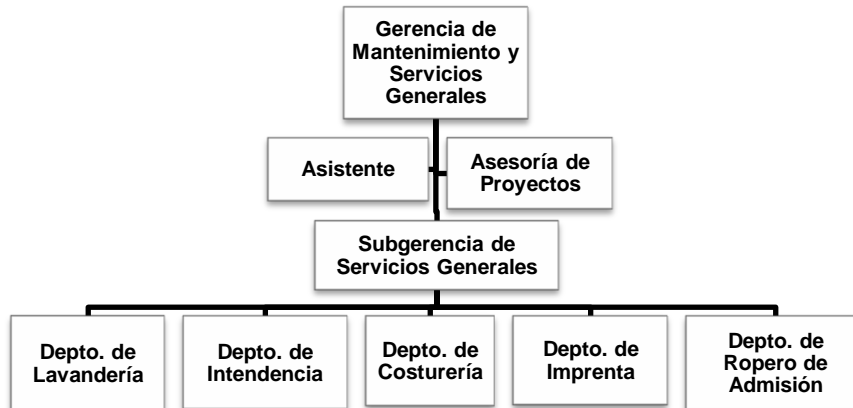
Figura 1. **Estructura organizacional parcial del hospital**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 2 se presenta la estructura organizacional de la gerencia de mantenimiento y servicios generales.

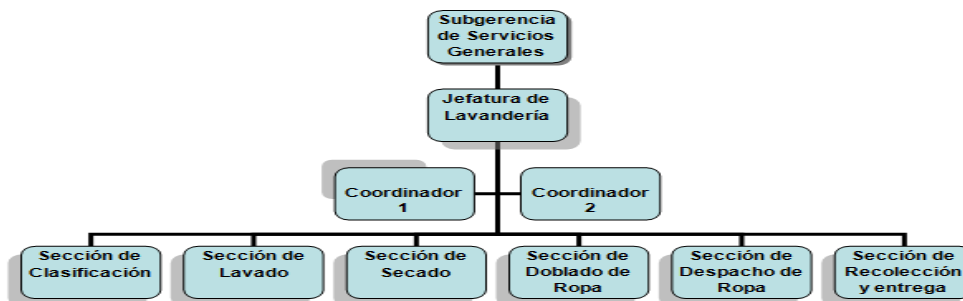
Figura 2. **Estructura organizacional de la gerencia de mantenimiento y servicios generales**



Fuente: elaboración propia.

Como se visualiza en la figura 2 el Departamento de Lavandería, se encuentra bajo la supervisión de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales. Más específicamente, para el Departamento de Lavandería, se tiene la estructura organizacional que se observa en la figura 3.

Figura 3. **Estructura organizacional del Departamento de Lavandería**



Fuente: elaboración propia.

1.3. Importancia del tema ambiental en Guatemala

La importancia de los elementos del ambiente en la evolución y sostenimiento de la vida en el planeta fue reconocida mucho tiempo antes de que se tomara plena conciencia de los posibles efectos negativos que su deterioro traería a la humanidad. Desde mediados del siglo XX el tema ambiental cobró dimensiones internacionales a partir del conocimiento y difusión de problemas asociados a la degradación del ambiente.

Existen muchos problemas ambientales que enferman al planeta. Estos a su vez guardan estrecha relación con otros problemas económicos y sociales. El ser humano se encuentra en constante interrelación con su entorno. Cuando éste le produce algún perjuicio es que se habla de problemas ambientales. Estos pueden provenir directamente de la naturaleza, cuando el hombre se instala en sitios cuyos procesos naturales lo perjudican; o bien tener su origen por causas humanas o antrópicas, es decir, que el hombre interviene en los ciclos naturales generando un daño que, finalmente, se vuelve contra él mismo.

La importancia del tema ambiental en Guatemala específicamente incide en que la contaminación crece en medidas descontroladas en cualquier lugar del país.

1.3.1. Constitución Política de la República de Guatemala

Se reconoce la organización del Estado de Guatemala para proteger a la persona y a la familia; su fin supremo es la realización del bien común. Así mismo, se promulga que el estado garantiza y protege la vida humana desde su concepción, así como la integridad y seguridad de la persona.

Tomando en cuenta que el ambiente que la realización personal, la integridad y la seguridad de las personas dependen del ambiente que las rodea, se declara que el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Esta declaración refleja el compromiso del Estado y sus habitantes con la prevención de la contaminación, la conservación del ambiente y el equilibrio ecológico.

1.3.2. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente

Considerando la importancia del tema ambiental en la búsqueda del desarrollo sostenible, la aceptación de la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre El Medio Ambiente Humano en Estocolmo, la ausencia de un marco jurídico institucional y el deterioro del ambiente, se emitió este decreto.

El decreto inicia repitiendo el artículo 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala: el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente. Es competencia del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, como parte del Organismo Ejecutivo, aplicar esta ley.

1.3.3. Ley Orgánica de la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Se modifica la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto 114-97 del Congreso de la República añadiendo al artículo 19 como numeral 13 al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Ante la declaración de interés nacional por “la conservación y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación”; la obligación del Estado, las municipalidades y sus habitantes por propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que mantenga el equilibrio ecológico; la necesidad de elevar la estructura institucional del país en el sector ambiental, sistematizar la gestión ambiental, prevenir la contaminación del ambiente y que éste sea sostenible, se justifica crear el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Se adiciona también el artículo 29 “bis” estableciendo que “Al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales le corresponde formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo: cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.”

1.3.4. Ley de Fomento de la Educación Ambiental

Considerando el artículo 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala, la obligación del Estado de incluir la política ambiental en la toma de decisiones, y que se debe generar conciencia ecológica a través de la educación.

A través del Decreto 74-96, el Congreso de la República de Guatemala busca fomentar la educación ambiental en los diferentes niveles y ciclos del sector público y primado a nivel nacional. La aplicación de esta ley está a cargo del Ministerio de Educación. Esta ley no aplica a la Universidad de San Carlos de Guatemala, debido a que es autónoma y emite sus propias leyes.

1.3.5. Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental

El Acuerdo Gubernativo 431-2 007, de fecha 17 de septiembre de 1997, busca propiciar el desarrollo sostenible de Guatemala a través de instrumentos que faciliten la evaluación, el control y el seguimiento ambiental en los diversos proyectos que se desarrollen en Guatemala.

Algunos de estos instrumentos son la autoevaluación ambiental, la gestión ambiental, el Manual de Buenas Prácticas Ambientales, el Manual de Responsabilidad Social y Ambiental, el Manual Técnico de Evaluación de Impacto Ambiental, el plan de contingencia, el plan de gestión ambiental, y el Sistema Integrado de Gestión Ambiental Nacional.

1.3.6. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales.

Considerando el artículo 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala, la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, y la necesidad de contar con una norma que contribuya a la sostenibilidad del recurso hídrico, se emitió el acuerdo gubernativo 236-2 006. El objeto de este reglamento es establecer los parámetros que los entes generadores de aguas residuales deben cumplir para descargarlas o reusarlas.

1.4. Producción más Limpia

Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia en general, y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente.

1.4.1. Antecedentes de la Producción más Limpia

Al final de los años 80 y principios de los 90, las agencias ambientales en los Estados Unidos y Europa reconocieron que el marco tradicional de control de la basura industrial y la contaminación podría ser mejorado. Varios estudios habían demostrado que en las compañías relevadas, los procesos si se hubieran manejado con más eficiencia, hubieran comenzado con la reducción de la contaminación, tiempo atrás.

En Europa, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), desde la División de Tecnología, Industria y Medioambiente de París hizo observaciones similares y se focalizó específicamente sobre la necesidad de la prevención.

La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable de Johannesburgo estableció como uno de los objetivos del plan de acción la necesidad de modificar las prácticas no sustentables de producción y consumo, incrementando entre otras cosas, las inversiones en programas de Producción más Limpia y ecoeficiencia, a través de centros de Producción más Limpia.

Por su parte, los países de la región manifestaron en la Iniciativa Latinoamericana para el Desarrollo Sustentable (2002), presentada en la

cumbre, la necesidad de incorporar conceptos de producción limpia en las industrias, crear centros nacionales de producción limpia y trabajar en pos de un consumo sustentable. Esto establece el marco a nivel internacional para definir políticas nacionales y desarrollar planes de acción en producción limpia.

En países en vías de desarrollo, donde PNUMA es un recurso importante para la política ambiental, no existían o había débiles regulaciones para el tratamiento de la contaminación. La prevención sería por tanto rentable a través de una mejora en el manejo, logrando mayor eficacia como la única manera de reducir la contaminación de la industria. El PNUMA llamó a esto Producción más Limpia o P+L y promovió su aplicación convirtiéndose en el término usado en casi todos los países, con excepción de los Estados Unidos donde se utilizaba prevención de la polución.

No hay una diferencia verdadera entre los conceptos de Producción más Limpia y prevención de la polución, pues ambos se han ampliado para incluir el ciclo vital completo de productos y de los procesos, por lo tanto, el uso de cualquiera de los dos métodos es indistinto.

1.4.1.1. El papel de la industria en el desarrollo sostenible

La sensibilización sobre la necesidad de un método integrado para solucionar problemas de contaminación ambiental y escasez de recursos, es un proceso paso a paso. Este proceso a veces es retrasado por la falta de conocimientos y más comúnmente por restricciones financieras o políticas de corto plazo. Sin embargo, un análisis de los esfuerzos durante las últimas décadas demuestra una evolución clara de la actitud general de los gobiernos y la industria en relación con la protección del ambiente.

Los primeros intentos de la industria por armonizar con el medio ambiente fueron los tratamientos al final del tubo, los cuales no ofrecen nuevas oportunidades a la industria ya que responden solamente a la mitigación de los impactos ambientales generados por las emisiones y desechos. El control de la contaminación es una estrategia postevento; es una aproximación a “reacción-acción” en todo momento; en cambio las prácticas ecoeficientes constituyen una filosofía de “anticipar y prevenir”. Prevenir es siempre mejor que lamentar.

La industria es un ejemplo típico de un aspecto sectorial del desarrollo sostenible; los problemas industriales, desde sus dimensiones ambientales, económicas y sociales, son figuras prominentes del debate de sostenibilidad. El crecimiento económico es crucialmente dependiente del desarrollo industrial, especialmente en relación a la transformación estructural de una economía. La importancia de lo anterior es subrayada por el hecho de que el desarrollo económico es muy comúnmente considerado sinónimo de la industrialización.

La clave para resolver muchos de los problemas, se encuentra en la tecnología. Puesto que los problemas ambientales causados por la producción industrial se deben a los llamados efectos externos (fallos de mercados o externalidades), se necesitan políticas correctivas para reducir o eliminar tales efectos.

La respuesta de la industria ante dichas medidas es en la mayoría de los casos, de naturaleza tecnológica. De ahí que la tecnología industrial y su continuo cambio innovador, si es adecuada ante los incentivos de mercado y políticas, hacen una importante contribución a la solución del problema de sostenibilidad ambiental.

1.4.1.2. Producción más Limpia y las PYMES

Las empresas han experimentado grandes cambios en las últimas dos décadas, yendo desde las políticas comerciales proteccionistas hasta la liberalización comercial. A ello han contribuido las reformas legales y económicas. El sector de la pequeña y mediana empresa, el sector informal y el agropecuario, tienen un gran rezago tecnológico, y una falta de acompañamiento gubernamental y de acceso a recursos que generen competitividad.

La apertura de mercados pone en una situación de mayor exigencia a los sectores productivos del país, de quienes depende en gran medida el desarrollo económico. Aspectos como la reducción de costos operativos, el aumento de la productividad, el incremento de la competitividad, la reducción del impacto ambiental, son elementos fundamentales en la preparación de los sectores industriales para enfrentar las exigencias de la apertura de mercados y lograr el desarrollo industrial.

El desarrollo industrial debe ser integral con enfoque de desarrollo sostenible. Es importante producir artículos de consumo y brindar servicios, pero al mismo tiempo, hay que garantizar que se heredará a las generaciones futuras un ambiente y recursos naturales que garanticen que podrán satisfacer sus necesidades, al menos, en la misma medida en las actuales. Además con esto se garantiza, que el desarrollo económico alcanzado sea perdurable, a través de empresas que manejan sus recursos con eficiencia y por ende con calidad y productividad, lo cual genera empresas competitivas.

La Producción más Limpia contribuye al bienestar y al desarrollo integral del ser humano haciendo uso de los recursos naturales de manera sostenible,

armonizando la rentabilidad económica con la protección al medio ambiente y siendo una herramienta para el desarrollo sostenible, orientada al accionar institucional, económico y social de nuestro país. Siendo de esta manera que se las PYMES utilizan como herramienta la Producción más Limpia para llegar a sus metas, y poder así competir en un mercado global.

1.4.2. Políticas públicas y políticas ambientales

La experiencia ha demostrado, acerca de la importancia y la necesidad de integrar las políticas ambientales con las políticas públicas. Sin embargo, aún se está lejos de una verdadera y efectiva integración de las mismas, aunque se percibe un avance progresivo, continuo y exponencial de estrategias orientadas para impulsar la mencionada integración.

En materia de gestión ambiental se pueden reconocer algunos esfuerzos. La introducción de aspectos ambientales en las negociaciones comerciales entre los países. Se percibe una relación más estrecha durante los últimos años entre las instituciones vinculadas a la salud y al ambiente, así como también se denota una preocupación de las autoridades gubernamentales por realizar campañas educativas sobre temas ambientales.

A partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente; realizada en Río de Janeiro en 1992, ha aumentado la tendencia de establecer marcos jurídicos para la política ambiental mediante la definición de leyes generales sobre la materia que debían observarse en las actividades gubernamentales. Esto permitió establecer algunos criterios básicos para orientar la acción del gobierno y de la sociedad a fin de promover la estabilidad que requieren las políticas de Estado, de las cuales la política ambiental no es ajena.

La situación de América latina en general, y la de la Argentina en particular, en el ámbito de la tecnología y la innovación tecnológica es una situación típica de los países en vías de desarrollo. La histórica dependencia de las empresas de la región de recursos abundantes, de bajo costo y poco calificados como fuente predominante de competitividad internacional, han creado condiciones económicas y culturales relativamente desfavorables para el desarrollo de los servicios tecnológicos y científicos. Normalmente se ha visto que las empresas más exitosas por su alta productividad y desarrollo tecnológico, alcanzan esta situación gracias a la importación de bienes de capital o asistencia extranjera.

El desarrollo sostenible exige un replanteamiento tecnológico radical, y requiere de una mayor y mejor capacidad humana para lograr los objetivos planteados. El aprovechamiento adecuado de los recursos naturales, la sustitución de tecnologías industriales dañinas para el ambiente por nuevas tecnologías ambientalmente limpias, el cambio hacia una agricultura más productiva y que no degrade los suelos ni contamine las aguas, entre otras acciones prioritarias, requerirán de conocimiento tecnológico avanzado y de personal altamente capacitado.

1.4.3. Concepto de Producción más Limpia (P+L)

El concepto de Producción más Limpia fue introducido por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1989 como respuesta a la pregunta de cómo la industria podía avanzar hacia un desarrollo sostenible. La Producción más Limpia se define como una estrategia continua integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios, a fin de aumentar la eficiencia y reducir la contaminación para los seres humanos y el ambiente.

En los procesos productivos, la Producción más Limpia implica la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materiales tóxicos, y reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desperdicios antes que éstos abandonen el proceso.

Otros conceptos, tales como la ecoeficiencia, la minimización de desperdicios y la prevención de la contaminación comparten un énfasis común en la eliminación o reducción de contaminantes desde la fuente donde se generan. Sin embargo, la estrategia de la Producción más Limpia implica un procedimiento bien desarrollado para la valoración sistemática de las causas generadoras de contaminantes y el desarrollo de opciones prácticas dirigidas a la solución de problemas concretos.

La Producción más Limpia no debe considerarse sólo como una estrategia ambiental, porque también se refiere a consideraciones económicas. En este contexto, el desperdicio se considera un subproducto, con valor económico negativo.

Cada acción para reducir el consumo de materias primas y energía, y prevenir o reducir la generación de desperdicios, incrementa la productividad y obtiene beneficios financieros para la empresa. Una solución preventiva significa que los problemas ambientales son enfrentados antes que estos aparezcan, cuando las opciones se relacionan a procesos, materias primas, diseño, transporte, servicios y otros.

Tal solución ataca efectivamente los desperdicios de recursos naturales, puesto que la contaminación no sólo lleva a la degradación ambiental, sino que es también una señal de procesos productivos y administración deficientes.

1.4.4. Método de P+L versus al final del tubo

El concepto de Producción más Limpia es diferente del concepto de control de contaminación o de “Al final del tubo”. Las tecnologías de extremo del tubo incluyen el uso de una variedad de tecnologías y productos (químicos) para tratamientos de desperdicios, líquidos y gaseosos. Estas tecnologías en general no reducen la cantidad de desperdicios a desecharse.

La principal diferencia entre la Producción más Limpia y el control de la contaminación al final del tubo es que la primera es una oportunidad “pre-evento”, mientras que, la segunda es una estrategia postevento es una aproximación “reacción-acción”, en todo momento la Producción más Limpia es una filosofía de “anticipar y prevenir”. Los tratamientos al final del tubo, no ofrecen nuevas oportunidades a la empresa, ya que responden solamente a la mitigación de las corrientes residuales que se generan.

Sin embargo, esto no significa que las tecnologías al “final del tubo” nunca serán requeridas. Mediante el uso de la filosofía de Producción más Limpia para resolver problemas de desechos y contaminación, la dependencia de las soluciones, en muchos casos puede ser reducida o eliminada.

Tabla I. **Principales diferencias entre Producción más Limpia y control de contaminación al final del tubo**

| Producción más Limpia | “Al final del tubo” |
|---|---|
| Progresivo hacia el uso de procesos de ciclo cerrado o continuo. | Los procesos generan desperdicios para su desecho, con recursos materiales como entrada y desperdicios de salida. |
| Todos en la comunidad juegan un papel; las asociaciones son esenciales. | Las soluciones son normalmente desarrolladas por expertos aislados. |

Continuación de la tabla I.

| | |
|--|---|
| Anticipación activa y prevención de la contaminación como desperdicios. | Una respuesta reactiva a la contaminación y desperdicios cuando ya se han generado. |
| Eliminación de los problemas ambientales desde su raíz. | Los contaminantes se controlan por medio de equipos y métodos de tratamiento de desperdicios. |
| Implica nuevas prácticas, actitudes y técnicas administrativas, y estimula los avances técnicos. | Depende principalmente de avances técnicos en tecnologías ya existentes. |

Fuente: elaboración propia.

1.4.5. Beneficios de la Producción más Limpia

La Producción más Limpia genera beneficios económicos, ambientales, sociales y laborales. Entre los beneficios de la implementación de la Producción más Limpia se encuentran los siguientes.

1.4.5.1. Beneficios económicos

El beneficio económico es un término utilizado para designar la ganancia que se obtiene de un proceso o actividad económica. Es más bien impreciso, dado que incluye el resultado positivo de esas actividades medido tanto en forma material o "real" como monetaria o nominal.

- Es una estrategia encaminada al desarrollo sostenible.
- Reduce los costos por concepto de materia prima, consumo agua y energía.
- Mejora la imagen empresarial.

- Disminución de costos por concepto de accidentes de trabajo, al disminuir los riesgos y mejorar el ambiente laboral.
- Disminución de costos por concepto de los sistemas de tratamiento al final del tubo.
- Aumenta el potencial competitivo.
- Mejora la eficiencia en los procesos productivos.
- Mejora la calidad de los productos y servicios.
- Mayor posibilidad de acceso a nuevos mercados.
- Disminuye las inversiones en sistemas de control al final del proceso.

1.4.5.2. Beneficios ambientales

El ambiente es el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza y de sus interrelaciones, en permanente modificación por la acción humana o natural que rige o condiciona la existencia o desarrollo de la vida. En la actualidad existen altos niveles de contaminación causados por el hombre. Pero no sólo éste contamina, sino que también existen factores naturales que, así como benefician, también pueden perjudicar al entorno.

- Preservación de los recursos naturales, consumo eficiente de los materiales y energía.
- Constituye la base para garantizar el mejoramiento continuo de la gestión ambiental.
- Disminución de volumen de desechos sólidos y efluentes.
- Disminución de la toxicidad de los desechos sólidos y efluentes.
- Disminución de emisiones de gases efecto invernadero.
- Conlleva al cumplimiento de las normas y regulaciones ambientales existentes.

1.4.5.3. Beneficios sociales y laborales

Los beneficios sociales y laborales generados se describen en torno de mejorar las condiciones de la población y de los trabajadores, así como el cumplimiento de las leyes ambientales.

- Mejores condiciones para la población aledaña a las industrias.
- Mejoramiento de la calidad de vida a través de la conservación del medio ambiente.
- Reducción de la tasa de enfermedades en la población provocada por la contaminación.
- Disminución de los accidentes laborales y gastos por este concepto.
- Protección física y moral de los trabajadores u operarios dentro de la empresa.
- Cumplimiento de las exigencias de la legislación concerniente a los aspectos laborales.
- Prevención y reducción de enfermedades ocupacionales.
- Sostenibilidad laboral para los empleados de las empresas.

El objetivo de la Producción más Limpia, es aumentar la productividad, mejorar los procesos productivos y de servicio, calidad del producto, disminución de costos por el aprovechamiento de materia prima, agua y energía.

1.4.6. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia

Institución técnica cuya misión es desarrollar y facilitar servicios, a la vez que fortalecer la capacidad local en la aplicación de Producción más Limpia (P+L) para hacer las empresas nacionales más eficientes, competitivas y

compatibles con el medio ambiente. Se encuentra ubicado en la ruta 6, 9-21 zona 4, edificio de la Cámara de Industria de Guatemala, cuarto nivel. Sus teléfonos son 23 809 000 y 23 809 128.

El Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L) presta los siguientes servicios: evaluaciones en planta, transferencia de tecnología más limpia, capacitación y gestión de proyectos. El Centro Guatemalteco de Producción más Limpia está apoyado por la Cámara de Industria de Guatemala, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Agencia de Cooperación Económica de Suiza (SECO).

1.5. Aguas residuales

El agua es un líquido insípido, incoloro e inodoro. Se trata de un compuesto químico representado por la fórmula H_2O , la cual indica que es la combinación de dos volúmenes de hidrógeno y un volumen de oxígeno. Sin embargo, el agua químicamente pura es un líquido extremadamente escaso y difícil de obtener, debido precisamente a que es un solvente casi universal y en el que prácticamente todas las sustancias son solubles hasta cierto grado. A causa de esta propiedad, el agua se contamina frecuentemente por las sustancias con las que entra en contacto.

Debido a estas características del agua muchas empresas poseen problemas con el agua provenientes de sus procesos, debido que salen con altas cargas de contaminantes al ambiente causando un alto impacto ambiental a nuestra sociedad. Es por ello que se ven con la necesidad de crear sistemas de tratamiento de aguas residuales para tratar el agua, con el fin de expulsarla a una carga a la cual el ambiente puede soportar.

1.5.1. Conceptos generales de aguas residuales

Las aguas residuales son efluentes derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales.

1.5.1.1. Causas y definiciones de contaminación de aguas

El agua contaminada es la que se le incorporaron materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos. Incluso las hacen inadecuadas para el uso a las que estaban destinadas, es cuando reciben el nombre de aguas contaminadas o residuales. Existen una serie de causas de la contaminación de agua pero uno de los principales son los que se mencionan a continuación:

- Desechos que requieren oxígeno
- Sustancias químicas inorgánicas y orgánicas
- Los nutrientes y calor
- Sedimentos o materia suspendida

1.5.1.2. Impacto que producen las aguas residuales en el ambiente

Actualmente la contaminación es un factor importante que ha tomado un gran auge en la sociedad, puesto que conforme pasa el tiempo el deterioro del ambiente también tiende a ir en aumento, por lo cual es necesario tomar en

cuenta todo este tipo de factores que contribuyen en una u otra manera a la contaminación ambiental. Tal es el caso de las diferentes industrias que se encuentran alrededor de las zonas urbanas, las cuales pueden contaminar el entorno por diferentes vías como la emanación de gases o contaminación por la liberación de aguas residuales son contar con un sistema de tratamientos de aguas.

Un sistema de tratamiento de aguas permite eliminar las aguas en un estado que no contamine el ambiente, puesto que la liberación de aguas residuales sin tratar puede ocasionar diferentes problemas de contaminantes. Con el desarrollo de la urbanización y con la diversificación de procesos industriales, un sin número de elementos químicos elaborados por la sociedad junto a una mayor cantidad de materias orgánicas son dispuestos en los cursos normales de agua, depositándose en lagunas, lagos, ríos y mar.

El limitado oxígeno disuelto no es suficiente para posibilitar la recuperación de dichos elementos ya que la naturaleza no es capaz por sí sola de realizar el proceso de autopurificación de los cursos de agua. Contribuyendo a la contaminación de los suelos y agua. Es por ello que el proyecto que se desea realizar tiene como objetivo ayudar al medio ambiente que nos rodea, disminuyendo el impacto ambiental que tiene las aguas residuales que provienen de la elaboración de productos químicos para lavandería, logrando contribuir en una parte con el saneamiento y la protección del ambiente circundante.

1.5.2. Tipos de aguas residuales

El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o

animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación. Las aguas residuales se pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

- Aguas residuales provenientes de una contaminación urbana

Está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Teniendo como objetivo en la eliminación de residuos urbanos reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas.

Incluso se ha logrado mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración. Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de partículas orgánicas e inorgánicas. El tratamiento secundario, implica la floculación y la sedimentación que implica; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos de filtrado, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado.

- Aguas residuales provenientes de una contaminación de una industria

Pueden diferir mucho entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse

previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

- Aguas residuales provenientes de una contaminación de la agricultura, el ganado comercial y las granjas avícolas

Son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales.

Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas, y toda una serie de métodos adicionales.

1.5.3. Control de la calidad de las aguas residuales

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor.

Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición.

En líneas generales, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Para evitar las consecuencias del uso del agua contaminada se han ideado mecanismos de control temprano de la contaminación. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea dañina.

Cada país debe tener una institución que se encargue de dicho control. Es responsabilidad de toda empresa cumplir con los rangos permisibles según el Acuerdo Gobernativo número 236-2006 referente a las aguas residuales. Por lo que cada empresa debe contemplar dentro de su Programa de Control de Calidad el control frecuente del destino final de las aguas residuales generadas.

1.5.4. Parámetros fisicoquímicos sanitarios

Entre los parámetros fisicoquímicos sanitarios se encuentran los siguientes: demanda química del oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos, sólidos en suspensión, temperatura y pH.

- Demanda química del oxígeno (DBO)

Cantidad de oxígeno (medido en miligramos por litro) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales.

- Demanda bioquímica del oxígeno (DQO)

Expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica, de los compuestos orgánicos degradables existentes en el líquido residual. Fijando ciertas condiciones de tiempo y temperatura. Ese contenido se expresa en función de la demanda de oxígeno de los microorganismos participantes en la degradación de la materia orgánica.

- Sólidos disueltos

Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración. Estos están relacionados con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso.

- Sólidos en suspensión

Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución. Este tipo de sólidos como tales son difíciles de eliminar siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculos de mayor tamaño para así poder separarlos mediante filtración.

- Temperatura

El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno). La temperatura se mide con un termómetro donde el resultado de la medición es en grados centígrados.

- pH

El potencial del hidrógeno mide el pH, que marca el grado de acidez o de alcalinidad que poseen, en una escala que va del 0 al 14, siendo el 7 el que indica un punto neutro (ni ácido ni alcalino) en donde los iones de hidrógeno e hidróxido son iguales.

Cuando el pH es menos que 7, la solución es ácida, y cuando es más de 7, es alcalina. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etcétera.

1.6. Historia de la producción de jabón para lavar ropa

Existen documentos que mencionan el uso de muchos materiales tipo jabón y agentes limpiadores desde la antigüedad. En el siglo I después de Cristo, el historiador romano Plinio el Viejo describió las diversas formas de jabones duros y blandos que contenían colorantes, que utilizaban las mujeres para limpiar sus cabellos y teñirlos de colores brillantes.

La producción de jabón era común en Italia y en España durante el siglo VIII. Alrededor del siglo XIII, cuando la industria del jabón llegó a Francia desde Italia, la mayoría de los jabones se producían a partir de sebo de cabra, con ceniza de haya que proporcionaba el álcali. Tras distintos experimentos, los franceses desarrollaron un método para la fabricación del jabón utilizando aceite de oliva en lugar de grasas animales. Hacia el año 1500, introdujeron sus descubrimientos en Inglaterra. Esta industria creció rápidamente en ese país y en 1622 el Rey Jacobo I le concedió ciertos privilegios.

En 1783, el químico sueco Carl Wilhelm Scheele simuló de forma accidental la reacción que se produce hoy en el proceso de hervido en la fabricación del jabón, cuando el aceite de oliva, hervido con óxido de plomo, produce una sustancia de sabor dulce, pero que hoy se conoce como glicerina.

Luego el químico francés Michel Eugène Chevreul investigó la naturaleza química de las grasas y los aceites que se usan en el jabón. Chevreul descubrió en 1823 que las grasas simples no se combinan con el álcali para formar el jabón, sino que se descomponen antes para formar ácidos grasos y glicerina. Mientras tanto, en 1791, el químico francés Nicolas Leblanc inventó un proceso para la obtención de carbonato de sodio o soda, utilizando sal ordinaria, que revolucionó la fabricación del jabón.

El jabón se hacía principalmente en el ámbito doméstico utilizando grasas animales derretidas. Sin embargo, hacia el año 1700 de nuestra era, los habitantes de algunas zonas obtenían la mayor parte de sus ingresos de la exportación de cenizas y grasas empleadas en la fabricación del jabón. En 1907 una compañía alemana fabricó el primer detergente al añadirle al jabón tradicional perborato sódico, silicato sódico y carbonato sódico.

1.6.1. Componentes y funcionamiento

El jabón posee como ingredientes: las grasas y aceites utilizados son compuestos de glicerina y un ácido graso, como el ácido palmítico o el ácido esteárico. Cuando estos compuestos se tratan con una solución acuosa de un álcali, como el hidróxido de sodio, en un proceso denominado saponificación, se descomponen formando la glicerina y la sal de sodio de los ácidos grasos. La palmitina, por ejemplo, que es el éster de la glicerina y el ácido palmítico, produce tras la saponificación palmitato de sodio (jabón) y glicerina.

Los ácidos grasos que se requieren para la fabricación del jabón se obtienen de los aceites de sebo, grasa y pescado, mientras que los aceites vegetales se obtienen, por ejemplo, del coco, la oliva, la palma, la soja (soya) o el maíz. Los jabones duros se fabrican con aceites y grasas que contienen un elevado porcentaje de ácidos saturados, que se saponifican con el hidróxido de sodio. Los jabones blandos son jabones semifluidos que se producen con aceite de lino, aceite de semilla de algodón y aceite de pescado, los cuales se saponifican con hidróxido de potasio.

El sebo que se emplea en la fabricación del jabón es de calidades distintas, desde la más baja del sebo obtenido de los desperdicios (utilizada en jabones baratos) hasta sebos comestibles que se usan para jabones finos de tocador. Si se utiliza sólo sebo, se consigue un jabón que es demasiado duro y demasiado insoluble como para proporcionar la espuma suficiente, y es necesario, por tanto, mezclarlo con aceite de coco. Si se emplea únicamente aceite de coco, se obtiene un jabón demasiado insoluble para usarlo con agua fresca; sin embargo, hace espuma con el agua salada, por lo que se usa como jabón marino.

Los jabones transparentes contienen normalmente aceite de ricino, aceite de coco de alto grado y sebo. El jabón fino de tocador que se fabrica con aceite de oliva de alto grado de acidez se conoce como jabón de Castilla. El jabón para afeitarse o rasurar es un jabón ligero de potasio y sodio, que contiene ácido esteárico y proporciona una espuma duradera. La crema de afeitarse es una pasta que se produce mediante la combinación de jabón de afeitarse y aceite de coco. La mayoría de los jabones eliminan la grasa y otras suciedades debido a que algunos de sus componentes son agentes activos en superficie o agentes tensoactivos.

Los agentes tienen una estructura molecular que actúa como un enlace entre el agua y las partículas de suciedad, soltando las partículas de las fibras subyacentes o de cualquier otra superficie que se limpie. La molécula produce este efecto porque uno de sus extremos es hidrófilo (atrae el agua) y el otro es hidrófugo (atraído por las sustancias no solubles en agua). El extremo hidrófilo es similar en su estructura a las sales solubles en agua. La parte hidrófuga de la molécula está formada por lo general por una cadena hidrocarbonada, que es similar en su estructura al aceite y a muchas grasas. El resultado global de esta peculiar estructura permite al jabón reducir la tensión superficial del agua y adherir y hacer solubles en agua sustancias que normalmente no lo son.

A finales de la década de 1960, debido al aumento de la preocupación por la contaminación del agua, se puso en entredicho la inclusión de compuestos químicos dañinos, como los fosfatos, en los detergentes. En su lugar se usan mayoritariamente agentes biodegradables, que se eliminan con facilidad y pueden ser asimilados por algunas bacterias. Durante mucho tiempo se ha utilizado el término de jabonera norteamericana, el cual se ha empleado como nombre común de varias plantas de la familia de las Liliáceas nativas de la región occidental de América del Norte.

La jabonera norteamericana tiene hojas largas, estrechas, semejantes a las de las gramíneas, que brotan de un bulbo subterráneo. De estos bulbos se extraen unos compuestos llamados saponinas que se usan como sucedáneos del jabón y en la fabricación de éste. Los pueblos indígenas norteamericanos utilizaban la planta para hacer jabón y en la actualidad las saponinas se emplean en la fabricación de detergentes y de líquidos extintores de incendios. Una especie muy conocida es la jabonera de California; crece hasta más de un metro de altura; las flores, blancas, estrelladas, con nervadura púrpura, se abren por la tarde.

Los detergentes son una mezcla de muchas sustancias. El componente activo de un detergente es similar al de un jabón, su molécula tiene también una larga cadena lipófila y una terminación hidrófila. Suele ser un producto sintético normalmente derivado del petróleo. Una de las razones por las que los detergentes han desplazado a los jabones es que se comportan mejor que estos en aguas duras.

Los componentes de un detergente son un agente tensoactivo o "surfactante", agentes coadyuvantes, agentes auxiliares, estabilizadores de espuma, colorantes y perfumes. Las proporciones en que los distintos componentes entran en la composición de un detergente medio podría ser de forma aproximada la siguiente: tensoactivo (15 por ciento), polifosfato y silicato (30 por ciento), perborato sódico (20 por ciento), fluorescente (0,1 por ciento), sulfato sódico (20 por ciento), enzimas (0,5 por ciento) y agua (15 por ciento).

Los detergentes de lavandería son de uso general o de propósito ligero. Los detergentes de uso general son convenientes para lavar cualquier clase de fibra. Los líquidos actúan mejor en suciedad grasosa y para pre-lavar suciedad o manchas. Los polvos son efectivos especialmente para levantar tierra seca o barro. Los detergentes de propósitos ligeros son utilizados para lavar a mano o con máquina, lavando suavemente prendas impregnadas y fibras delicadas.

1.6.2. Las empresas productoras de jabón y detergentes en Guatemala

Según consulta realizada al Registro Tributario Unificado de la Superintendencia de Administración Tributaria, el día 12 de febrero del 2003, están registradas a nivel nacional 87 empresas dedicadas a la producción de jabones y detergentes, distribuidas como se muestra en la tabla II.

Tabla II. **Distribución de las empresas dedicadas a la producción de jabones y detergentes**

| Departamento | Número de Empresas |
|------------------------------------|---------------------------|
| Guatemala | 82 |
| Quetzaltenango | 2 |
| Escuintla | 1 |
| Izabal | 1 |
| Alta Verapaz | 1 |
| Total Registradas en R.T.U. | 87 |

Fuente: elaboración propia.

Además la competencia en el mercado de detergentes en polvo es muy fuerte pues existen actualmente más de 13 marcas en el país, algunas son comercializadas por empresas nacionales y fabricadas en Guatemala, el Salvador o Costa Rica, dichas marcas se encuentran bien posicionadas en los consumidores guatemaltecos; estas empresas son los descritos en la tabla III.

Tabla III. **Marcas de distribución de detergentes en polvo en Guatemala**

| Empresa | Marcas |
|----------------------------|--|
| Henkel la Luz | Rendidor, Gallo |
| Unilever | Rinso, Xedex, Surf, Unox |
| Industria la Popular | Espumil, Ambiez, Fab, Magia Blanca, OK |
| DCI Walmart Centro América | Suli |
| Procter and Gamble | Ariel, Ace |

Fuente: elaboración propia.

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Evaluación preliminar

Se procederá a realizar una evaluación preliminar del proceso de lavandería del Hospital General San Juan de Dios para lograr obtener un panorama actual completo. Además de ser este el que represente la fase I de la metodología para realizar una evaluación de Producción más Limpia.

2.1.1. Proceso de la lavandería

El Departamento de Lavandería tiene como finalidad general realizar el proceso de higienización de la ropa proveniente de los distintos servicios del Hospital General San Juan de Dios, mediante varios procesos estandarizados y la optimización del recurso disponible. El Departamento de Lavandería tiene como principales actividades o funciones dentro del Hospital las siguientes, presentadas de manera resumida:

- Recolectar la ropa sucia de las diferentes áreas en el hospital.
- Clasificar la ropa, según el grado de contaminación que posee.
- Pesar la ropa de acuerdo a la capacidad de cada lavadora.
- Desinfectar la ropa manchada con fluidos corporales o biológicos.
- Lavar la ropa.
- Secar según tipo de ropa.
- Doblar la ropa.
- Almacenar en los estantes la ropa limpia.
- Distribuir la ropa limpia.

- Transportar en los carritos exclusivos la ropa limpia hasta las áreas establecidas.
- Comprobar el stock de los productos químicos utilizados para el lavado y desinfección de la ropa.

El mantenimiento de las máquinas del proceso se realiza por una empresa contratada por 18 meses. Como especificaciones generales del proceso de mantenimiento preventivo se tienen las siguientes:

- Garantía sobre los componentes instalados, funcionamiento y eficiencia por un período no menor de 12 meses a partir de la instalación.
- Presentar el plan de trabajo del mantenimiento a efectuar, al inicio del plazo contractual, el cual será aprobado por el supervisor designado por el Departamento de Mantenimiento de la Unidad.
- Elaboración de fichas técnicas e historiales por equipo, las cuales deben ser entregadas y actualizadas con el supervisor designado.
- Colocar en cada equipo una calcomanía para llamada por emergencia, en lo cual se indique el número telefónico y dirección de correo electrónico; para reportar problemas de funcionamiento de los equipos, quedando sujetos a responder con prontitud en un período no mayor de dos horas por vía telefónica y no mayor de cuatro horas para llegar al sitio. En el caso de reparación del equipo, ésta se deberá realizar en un período no mayor de 48 horas. Si se deja de reparar en este tiempo la empresa contratada deberá cubrir la producción que deje de cubrir el equipo, mientras que dure fuera de funcionamiento, para lo cual deberá cubrir los respectivos costos.
- Toda parte cambiada deberá ser entregada al departamento de mantenimiento previa recepción del repuesto a colocar.

- En caso de que un equipo por algún problema no imputable al mantenimiento deberá notificarse para evitarse la carga por paro o no funcionamiento.
- La empresa contratada deberá incluir en sus costos los insumos necesarios para el desarrollo de actividades de mantenimiento preventivo.

2.1.1.1. Descripción del proceso

La primer actividad a realizarse es la del traslado de ropa de los diferentes servicios hacia el Departamento de Lavandería. Luego de haber recolectado la ropa de los diferentes servicios, se procede a clasificarla. Algunos tipos de ropa pueden ser mezclados en las lavadoras, otros no.

Figura 4. Carritos para la recolección y el traslado de ropa



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

La clasificación general de los tipos de ropa que maneja el hospital es la siguiente: pediatría, ropa de paciente (camisa y pantalón), sala de operaciones, cesáreas, pesada (con excremento), emergencia, maternidad (parto normal),

encamamiento (sábanas y ponchos) y contaminada. Este es la clasificación general, pero se puede subclasificar por tipo de ropa, por tipo de suciedad y por servicios o departamentos. Para separar la ropa, deben considerarse aspectos tales como tipo y colores de tela, grado de suciedad y tipo de suciedad.

La ropa de encamamiento se lava exclusivamente en las máquinas de 480 libras por ser pesada y difícil de manejar que el resto de las prendas. La ropa de paciente se lava en las máquinas de 120 libras debido a que son prendas pequeñas y de fácil manipulación. Es importante la clasificación por tipo de suciedad, debido a que la ropa contaminada o particularmente sucia requiere más tiempo de lavado o una mayor concentración de detergente. Además, si se trata de ropa con sangre, es necesario utilizar cloro y desinfectante.

El Departamento de Lavandería recibe la ropa contaminada dentro de bolsas rojas. Esto se hace para evitar mezclar distintos tipos de ropa en el proceso de lavado, debido a que es necesaria la separación de diferentes tipos de ropas, por ejemplo: la ropa pesada y contaminada no debe mezclarse con otros tipos de ropa. La suciedad se puede clasificar de la siguiente manera: sangre, cosméticos, colorantes, sudor, grasas y aceites (vaselina y parafina, animales y vegetales y lubricantes) y otros (albúminas, harinas y azúcares). La ropa contaminada es ropa que contiene básicamente: Heces fecales, orina, sangre, líquido amniótico y otros elementos.

La ropa contaminada es tratada con una concentración mayor de detergente y cloro. La ropa con sangre, que puede estar contaminada con VIH o hepatitis, es también tratada con desinfectante e incrementador. Para realizar los diagramas y el análisis de los procesos de lavado y secado, no se considera importante estudiar las máquinas y su funcionamiento dependiendo del tipo de

ropa que sé este procesando. Esto se debe a que la ropa siempre se mezcla y se reagrupa tanto antes como después de lavarla, tanto en las lavadoras como en las secadoras, es decir, un pantalón o poncho de un servicio, no puede ser diferenciado de uno o de otro servicio.

Luego de la clasificación continua el pesado de la ropa, el lavado y el secado, los cuales son más detallados en los inciso (2.3-2.4). Luego se dobla y se traslada la ropa limpia los diferentes servicios. Ocurre un rechazo por parte de alguno de los servicios o por parte del personal de doblado, cuando la ropa que reciben no cumple con los requerimientos mínimos exigidos por dicho servicio, en cuanto a limpieza. Los rechazos son raros y estas situaciones ocurren cuando no se ha utilizado suficiente detergente, cloro o desinfectante. También puede ocurrir cuando la ropa se ha manchado con alguna sustancia extraordinariamente difícil de remover.

Actualmente, unas 80 libras de ropa, al día son rechazadas por el personal de doblado. Las actividades que realiza cada puesto y que forman parte de los procesos del departamento son las siguientes:

Jefe de Lavandería

- Dirigir y coordinar las actividades técnicas y administrativas y es responsable ante la subgerencia de servicios generales por el eficiente y eficaz funcionamiento del departamento.
- Planificar, organizar y dirigir las diferentes actividades a realizarse dentro del departamento.
- Evaluar constantemente el funcionamiento técnico y administrativo de las diferentes áreas del departamento.
- Elaborar rol de turnos, vacaciones y días festivos.

- Proponer ante la subgerencia de servicios generales los requerimientos de personal para el departamento.
- Elaborar requerimiento de materiales para el uso del departamento.
- Elaborar solicitudes de vacaciones de acuerdo a la programación del rol.
- Elaborar informe mensual de producción y gastos de materiales.
- Llevar registro y control del uso adecuado de los insumos.
- Velar porque las maquinas y equipo del departamento estén en óptimas condiciones.
- Control administrativo de personal.
- Asistir a reuniones y capacitaciones concernientes al puesto.

Coordinador

- Coordinar el desarrollo de las actividades tendentes a garantizar la prestación del apoyo logístico que requieran las diferentes áreas del departamento.
- Dar seguimiento a las instrucciones recibidas por el jefe del departamento.
- Velar porque se cumplan los procedimientos establecidos por cada área de trabajo.
- Velar por el uso adecuado de los materiales y de la maquinaria y equipo.
- Supervisar constantemente las áreas de trabajo para el buen funcionamiento de las mismas.
- Coordinar las actividades asignadas al personal.
- Controlar que se pese la ropa y que se carguen las maquinas adecuadamente.
- Entregar a los operarios de las lavadoras los insumos que se utilizan por cada lavada, según las fórmulas establecidas.
- Informar al jefe todo lo concerniente con la producción y el departamento.

Clasificador

- Clasificar y pesar la ropa sucia.
- Mantener limpia del área de clasificado y lavado.
- Dar apoyo las distintas secciones del departamento cuando así se requiera.

Recolector y repartidor de ropa

- Recoger la ropa de los encamamientos en los diferentes áreas del hospital.
- Realizar el conteo de ropa recolectada en los encamamientos de las diferentes áreas del hospital.
- Realizar la entrega de ropa limpia a las distintas áreas del hospital conforme al horario establecido.
- Verificar que se lleve el registro y control de ropa en los vales destinados para ello.
- Dar apoyo las distintas secciones del departamento cuando así se requiera.

Doblador

- Doblar la ropa limpia y entregarla a despachos.
- Realizar una inspección de la ropa y clasificar la ropa que no cumpla con las condiciones de higiene para retornarla al área de clasificado.
- Mantener limpia y ordenada su área de trabajo.

Figura 5. Clasificadores de ropa del Departamento de Lavandería



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

Secador

- Trasladar la ropa del área de lavado al área de secado, cargar las secadoras y controlar el tiempo para secar.
- Trasladar la ropa seca al área de doblado y llenar la batea para que sea doblada.
- Realizar la limpieza de la maquinaria y velar porque se le de un correcto uso a los controles mecánicos y electrónicos.
- Mantener limpia y ordenada el área de secado.
- Dar apoyo las distintas secciones del departamento cuando así se requiera.

Despachador

- Realizar el conteo y armado de carros para entrega de ropa higienizada al las diferentes áreas del hospital.
- Recibir la ropa en el área de doblado, la ingresa, la clasifica y la ordena en los anaqueles que le corresponde.
- Entregar la ropa a los diferentes servicios conforme el libro de control y a los vales de ropa para el registro de cada entrega realizada.
- Dar apoyo las distintas secciones del departamento cuando así se requiera.

2.1.1.2. Insumos y productos

El Departamento de Lavandería tiene como insumos del proceso los siguientes: mano de obra, energía, combustible, agua, detergente, cloro, ropa sucia, tiempo, incrementador y desinfectante. Como productos posee la ropa limpia y el agua residual. A esta última es a la que se le desea disminuir el nivel de contaminantes por medio de la aplicación de Producción más Limpia como se desarrollara en capítulos posteriores. Los materiales a utilizar son:

- Detergente grado Industrial para lavandería
- Cloro al 16% en polvo, especial para hospitales, clínicas y sanatorios
- Incrementador de detergente grado Industrial
- Desinfectante

El detergente debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Concentrado
- Alcalino

- Fuerte y en polvo
- Especialmente diseñado para uso en lavanderías de hospitales, sanatorios y hospitales
- Debe contener los químicos necesarios especiales para desinfectar las prendas
- Debe ser capaz de blanquear la ropa sin desgastar el tejido, tomando en cuenta la fatiga que sufre la misma en los procesos de lavado y secado
- Biodegradable
- De fácil disolución

De acuerdo a la ficha técnica de los materiales actuales se mencionaran algunos de sus ingredientes.

- Detergente grado industrial para lavandería: carbonato de sodio, tripolifosfato de sodio y sulfato de sodio.
- Cloro en polvo al 16 por ciento, especial para hospitales, clínicas y sanatorios: blanqueadores ópticos y carbonato de sodio ACL65.
- Incrementador de detergente grado Industrial: carbonato de sodio, tripolifosfato de sodio y sulfato de sodio.

2.1.1.3. Turnos

Los operarios se dividen en hombre y mujeres. De esta misma manera se encuentran distribuidos los horarios ya que las actividades realizadas por los hombres deben comenzar antes para que posteriormente lleguen a las labores de las mujeres, que en este caso son el doblado y el despacho. Por lo tanto los manejados por el departamento son los que se muestran en la tabla IV.

Tabla IV. **Horarios de trabajo del Departamento de Lavandería**

| Personas | Actividades | Horario (h) |
|-----------------|--|------------------------|
| Hombres | <ul style="list-style-type: none"> - Recolección y repartición - Clasificación - Lavado - Secado - Coordinación | 6:00 a 14:00 |
| Mujeres | <ul style="list-style-type: none"> - Doblado - Despacho | 7:00 a 15:00 |

Fuente: elaboración propia.

Se maneja un turno único, aunque años anteriores se trabajaban dos turnos, metodología que ha cambiado en la actualidad. El Departamento de Lavandería, cuenta en total con 46 trabajadores más el jefe de la lavandería, teniendo un total de 47.

Es necesario identificar que las labores de recolección y repartición, clasificación, lavado y secado por su naturaleza más pesada y riesgosa es desempeñada exclusivamente por hombres. Mientras que las labores de doblado y despacho son realizadas por mujeres.

El rango de edad de los operarios es bastante grande, es decir que se podría inferir que no existe una edad límite para trabajar en el departamento. Sin embargo en el departamento se encuentran personas ya mayores que desempeñan muy bien su trabajo, probablemente por la experiencia y años de laborar en el mismo. El recuento del total de operarios se muestra en la tabla V.

Tabla V. **Distribución de los operarios del Departamento de Lavandería del Hospital San Juan de Dios.**

| Género | Cantidad de personas |
|---------------|-----------------------------|
| Femenino | 32 |
| Masculino | 21 |
| Total | 53 |

Fuente: elaboración propia.

Por lo pesado que es el trabajo, en el departamento nunca se encuentran las 53 personas trabajando al mismo tiempo. Cada persona cuenta con aproximadamente 10 o 12 días libres por mes, los cuales son asignados por el jefe de lavandería según él lo considere adecuado. Además las personas pueden cambiar su turno ya sea con alguien más o por otro día, mediante previo aviso a su jefe y que este lo autorice.

2.2. Diagrama del proceso

El diagrama de procesos es una representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones del mismo, siendo éstos diagrama de flujo del proceso, diagrama de operaciones del proceso y diagrama de recorrido del proceso.

El diagrama de recorrido el cual se muestra en la figura 8 refleja el flujo del trabajo en lavandería, desde la entrada de ropa sucia, pasando por el área de clasificado, luego al área de lavado y secado, y luego al área de doblado, para terminar en la ropería y despacho.

Tabla VI. **Desglose de los tiempos para el lavado.**

| Operaciones | Tiempo (min) |
|---------------------------|--------------|
| Primer desaguado | 4 |
| Lavado con detergente | 6 |
| Segundo desaguado | 2 |
| Lavado con cloro | 18 |
| Tercer desaguado | 5 |
| Extractado | 10 |
| Total tiempo de operación | 45 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Desglose de los tiempos para el secado**

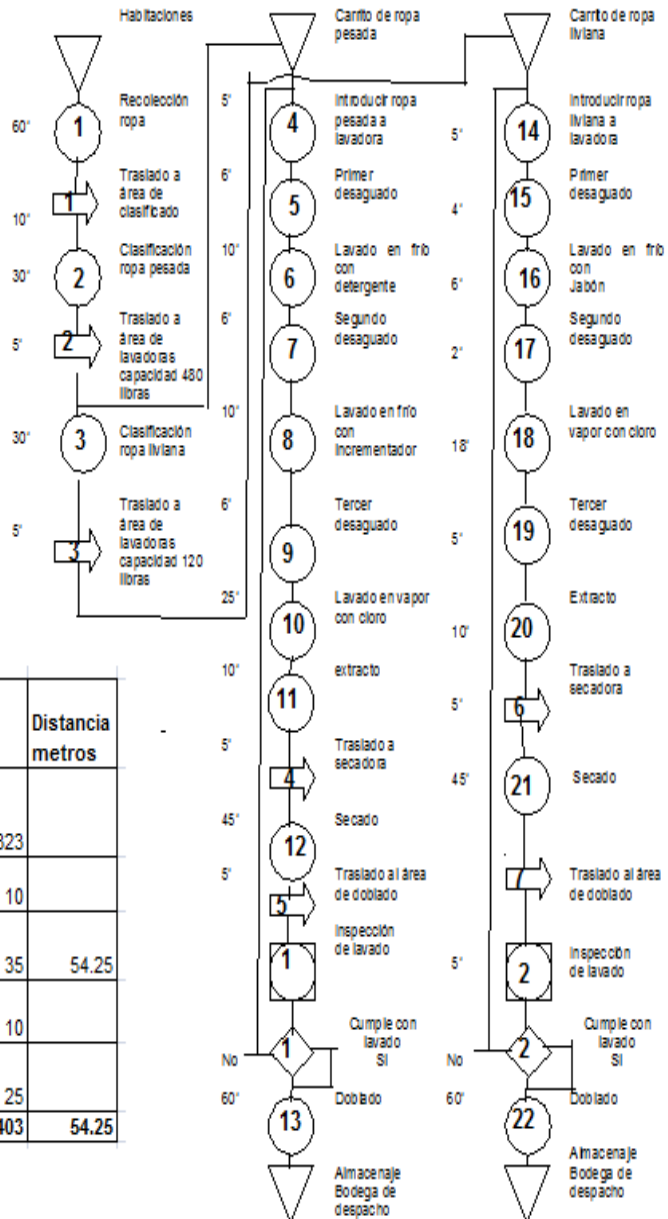
| Operaciones Automáticas | Tiempo (min) |
|-------------------------|--------------|
| Secado | 45 |
| Total | 45 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Diagrama de flujo de proceso para el lavado.

Institución: Hospital General San Juan de Dios
 Departamento: Lavandería
 Empieza: Habitaciones

Hoja: 1de1
 Elaborado por: Ana González
 Termina: Despacho.



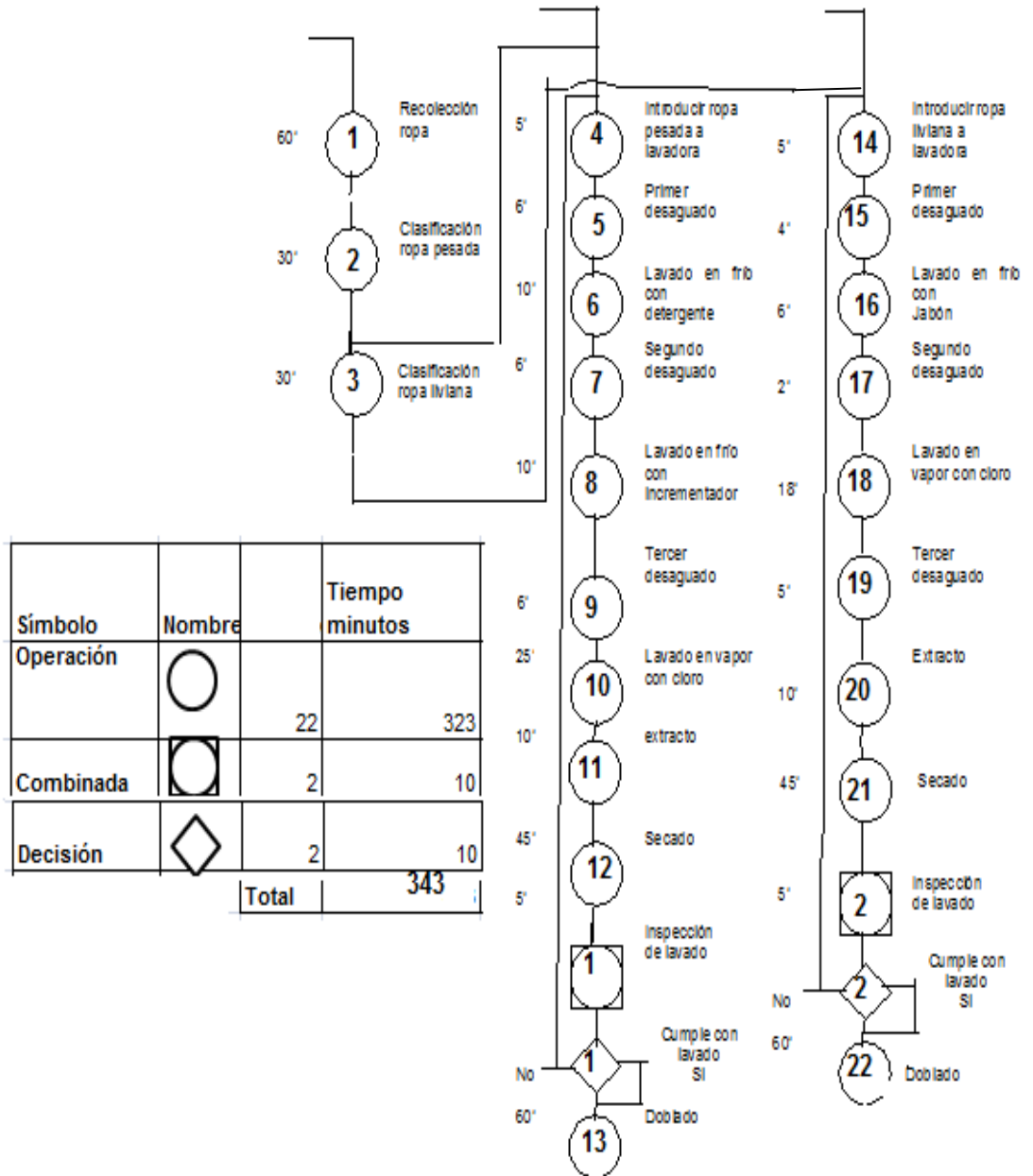
| Símbolo | Nombre | Tiempo minutos | Distancia metros | |
|-------------|--------|----------------|------------------|-------|
| Operación | ○ | 22 | 323 | |
| Combinada | ◐ | 2 | 10 | |
| Transporte | ➡ | 7 | 35 | 54.25 |
| Decisión | ◇ | 2 | 10 | |
| Almacenajes | ▽ | 5 | 25 | |
| Total | | 403 | 54.25 | |

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Diagrama de operaciones del proceso de lavado.

Institución: Hospital General San Juan de Dios
 Departamento: Lavandería
 Empieza: Habitaciones

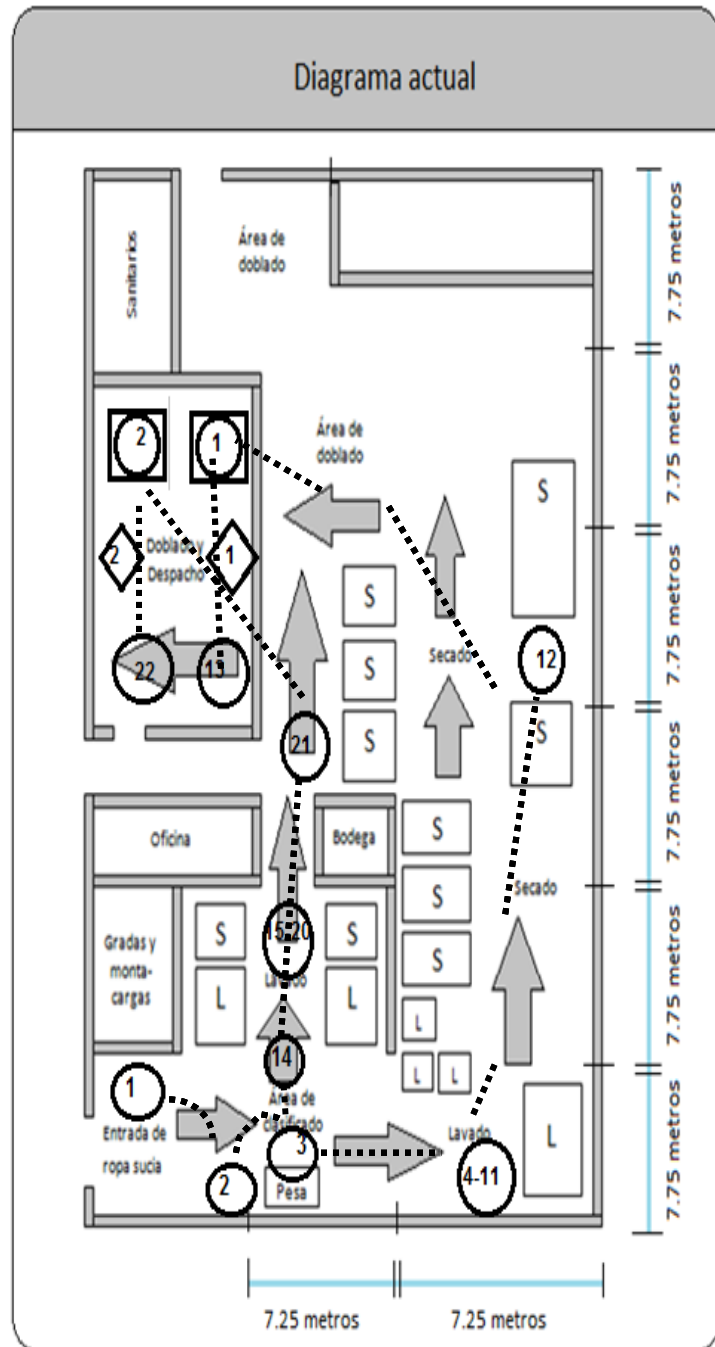
Hoja: 1de1
 Elaborado por: Ana González
 Termina: Despacho.



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Diagrama de recorrido actual

| | | | |
|-------|------------------------------------|--------|--|
| No. 1 | Actividad Recolección ropa | No. 14 | Actividad Introducir ropa liviana a lavadora |
| 2 | Clasificación ropa pesada | 15 | Primer desaguado |
| 3 | Clasificación ropa liviana | 16 | Lavado en frío con Jabón |
| 4 | Introducir ropa pesada a lavadora | 17 | Segundo desaguado |
| 5 | Primer desaguado | 18 | Lavado en vapor con cloro |
| 6 | Lavado en frío con detergente | 19 | Tercer desaguado |
| 7 | Segundo desaguado | 20 | Extracto |
| 8 | Lavado en frío con Incrementador | 1 | Inspección de lavado |
| 9 | Tercer desaguado | 21 | Secado |
| 10 | Lavado en vapor con cloro extracto | 22 | Doblado |
| 11 | Secado | 1 | Almacenaje Bodega de despacho |
| 12 | Inspección de lavado | | |
| 13 | Doblado | | |
| 1 | Almacenaje Bodega de despacho | | |



Fuente: elaboración propia.

2.3. Diseño de las lavadoras

Para realizar los diagramas y el análisis de los procesos de lavado y secado, no se considera importante estudiar las maquinas y su funcionamiento dependiendo del tipo de ropa que sé este procesando.

Esto se debe a que la ropa siempre se mezcla y se reagrupa tanto antes como después de lavarla, tanto en las lavadoras como en las secadoras, es decir, un pantalón o poncho de un servicio, no puede ser diferenciado de uno o de otro servicio.

Por esta razón, es preferible estudiar el proceso de lavado y secado de ropa desde el punto de vista de cantidad de libras, independientemente del tipo de ropa que sea. El listado de máquinas que se utilizan para el lavado es el que se muestra en la tabla VIII.

- Trasladar la ropa clasificada y pesada a la lavadora y cargarla adecuadamente para que funcione normalmente conforme las instrucciones recibidas.
- Lavar la ropa, agregarle los insumos según fórmula que le corresponde y darle el tiempo adecuado. Que necesite cada operación de lavado y descargar cada máquina.
- Realizar la limpieza de la maquinaria y velar porque se le de un correcto uso a los controles mecánicos y electrónicos.
- Dar apoyo las distintas secciones del departamento cuando así se requiera.

Tabla VIII. **Listado de máquinas para el lavado de la ropa del hospital**

| No. | Marca | Modelo | Serie | Tipo | Capacidad |
|------------|--------------|---------------|----------------|-------------|------------------|
| 1 | Washex | 4676 Fla-Pz | 11509 | Lavadora | 480 lb |
| 2 | Washex | 4676 Fla-Pz | 11510 | Lavadora | 480 lb |
| 3 | Renzacci | LX55 | 13915 | Lavadora | 120 lb |
| 4 | Renzacci | LX55 | 13899 | Lavadora | 120 lb |
| 5 | Renzacci | LX55 | 13976 | Lavadora | 120 lb |
| 6 | Braun | 400NE OP-3 | E4002K8 031 | Lavadora | 450 lb |

Fuente: elaboración propia.

Como se ha mencionado en la tabla VIII, el Departamento de Lavandería cuenta con 6 máquinas lavadoras, 3 de las cuales son del mismo modelo y otra pareja en igual condición.

En resumen se tienen 3 tipos diferentes de máquinas, las cuales se encargan de lavar ropa pesada (término que utilizan para referirse a los ponchos, sabanas y ropa contaminada) y ropa liviana (refiriéndose al resto de ropa que llega al departamento).

Las máquinas Renzacci debido a su tamaño más pequeño en comparación a las demás, no son normalmente utilizadas para lavar ropa pesada sino solo ropa liviana. Las máquinas Renzacci tienen un tiempo de trabajo de 45 minutos. En cambio, las Braun y las Washex tienen un tiempo de trabajo de 45 minutos si es liviana y de 1 hora y 30 minutos si es pesada

Se tiene las siguientes fórmulas de lavado: enjuague inicial y humectación (elimina polvo, manchas y suciedad ligera), secuestro (elimina machas profundas), enjabonado (es la fase principal del proceso), enjuague interno (elimina productos detergentes y alcalinos del agua sucia), blanqueado y enjuague final (elimina detergente y blanqueador). El procedimiento del lavado de ropa liviana y pesada se muestra en las tablas IX y X.

Tabla IX. Procedimiento de lavado para ropa liviana

| Paso | Procedimiento | Duración (minutos) |
|-------|-------------------------------------|--------------------|
| 1 | Desaguado | 4 |
| 2 | Lavado en frío y con jabón | 6 |
| 3 | Desaguado | 2 |
| 4 | Lavado en vapor y se le añade cloro | 18 |
| 5 | Desaguado | 5 |
| 6 | Extractado | 10 |
| Total | | 45 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Procedimiento de lavado para ropa pesada

| Paso | Procedimiento | Duración (minutos) |
|-------|-------------------------------------|--------------------|
| 1 | Desaguado | 6 |
| 2 | Lavado en frío y con detergente | 10 |
| 3 | Desaguado | 6 |
| 4 | Lavado en frío y con incrementador | 10 |
| 5 | Desaguado | 6 |
| 6 | Lavado en vapor y se le añade cloro | 25 |
| 7 | Extractado | 10 |
| Total | | 90 |

Fuente: elaboración propia.

Controlar la temperatura permite solubilizar grasas, incrementar el poder de los químicos, desinfectar y utilizar dosis más económicas. La acción mecánica permite expandir la fibra, mantener la solución homogénea, reducir el tiempo del proceso y remover partículas.

El departamento cuenta con un reporte mensual en el cual se muestran las cantidades en libras de detergente, cloro, incrementador y galones de desinfectantes en relación a libras lavadas. El cual será empleado en los siguientes capítulos en la aplicación de Producción más Limpia de manera que brinde una idea de las cantidades de materiales utilizados en el proceso.

Figura 9. **Lavadoras Renzacci**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

Se tienen aproximaciones de que se consumen actualmente para las lavadoras grandes (450-480 libras de capacidad) 8 libras de jabón, 8 libras de cloro y 8 libras de desinfectante para la ropa liviana y además para la ropa pesada se utilizan 8 libras de incrementador. Por otro lado para las lavadoras pequeñas (120 libras de capacidad) se utilizan 3 libras en lugar de 8 libras en general.

2.3.1. Mantenimiento preventivo y correctivo

El mantenimiento preventivo se realiza de una manera periódica. Consiste en una serie de acciones encaminadas a mantener la maquinaria de la lavandería, en buen estado y eliminar en la mayor medida posible, las fallas al azar. El mantenimiento es realizado por una empresa contratada por un período de 18 meses para realizarlo. Las fallas son la causa de atrasos y cuellos de botella en el proceso del lavado de ropa. Las recomendaciones para realizar el mantenimiento preventivo son divididas en mantenimiento diario y mensual.

Para el mantenimiento diario son las siguientes:

- Inspección del funcionamiento del equipo.
- Lubricación de cojinetes y chumaceras.
- Drenado de tanque del compresor de aire.
- Verificar el peso de la carga de ropa de las lavadoras.
- Drenado de las trampas de agua de la línea de aire.
- Verificar disponibilidad y presiones de aire y vapor.
- Efectuar limpieza exterior integral.

Para el programa mensual de mantenimiento preventivo de las lavadoras se tiene que de acuerdo a cada marca y modelo listado de equipo, se deberá limpiar, ajustar, acondicionar, lubricar y reparar.

Si fuera necesario: la cámara de ventilación, sistemas de aire comprimido, vapor, agua fría y caliente, así como la canasta, mecanismo de cierre de compuertas, retenedores y demás componentes. Además se deberá eliminar las fugas y verificar el nivel y recambio de aceite de cajas reductoras.

Para lo cual se deberá seguir la siguiente rutina mensual:

- Revisar las conexiones de fluidos en busca de fugas.
- Comprobar que las máquinas estén propiamente lubricadas y su funcionamiento sea suave.
- Accionar los cierres de las tapas del tambor para verificar su correcto funcionamiento.
- Chequeo de la válvula solenoide de ingreso de agua para determinar que ingresa el agua hasta un nivel correcto.
- Comprobar que la lectura del indicador de nivel de agua coincide con el nivel de agua dentro del cilindro.
- Chequeo de funcionamiento de todas las válvulas solenoide de las máquinas.
- Comprobar que el movimiento de vaivén de la lavadora se lleva a cabo correctamente sin saltos bruscos o vibradores.
- Cojinetes: lubricar adecuadamente con grasa para cojinetes de servicio pesado utilizando una graseras manual y a través de las graseras previstas para el caso.
- Motores eléctricos: lubricar adecuadamente, limpieza interna y externa con manguera de aire comprimido y eliminar con trapo limpio los depósitos de grasa, polvo o mota, comprobar el buen funcionamiento del freno del motor y revisar el circuito eléctrico.
- Fajas: comprobar la tensión de las fajas y hacer los ajustes necesarios. Deberán ser revisadas por roturas o grietas que inmediatamente exijan reemplazo. Se debe revisar la correcta alineación de las poleas.
- Verificar el paro por emergencias.
- Limpieza de contactos de los contactores.
- Medición de consumo eléctrico de los motores.
- Lubricación de todas las partes móviles.

- Sistema eléctrico de control: se debe revisar el correcto funcionamiento del control de inversión de movimiento así como las levas y determinar que exista un adecuado tiempo muerto entre los movimientos. Comprobar el buen estado de funcionamiento del sistema eléctrico en general, microswitches, conexiones de las válvulas solenoide, etc.
- Los filtros deben abrirse y limpiarse mensualmente.
- Válvulas de agua y de vapor: deben de revisarse las válvulas de agua y vapor en la instalación por fugas o incorrectas operación y debe de revisar el correcto funcionamiento de las trampas de vapor.
- Sistema de aire comprimido: se deberán revisar tuberías, filtros, electroválvulas, válvulas de varias vías, relays y en general, todo el sistema de cada máquina y el sistema central. De encontrar algún desperfecto, se deberá de resolver de inmediato.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

El mantenimiento correctivo debe ser minimizado, pues su aplicación significa la interrupción imprevista del flujo de trabajo del departamento. Idealmente, solamente debería existir mantenimiento preventivo, pero en la realidad es necesario tener planes de contingencia para la interrupción de actividades, debido a desperfectos en la maquinaria. El mantenimiento correctivo será efectuado por la empresa contratada para realizar el mantenimiento preventivo durante el período que se especifique dicho contrato.

Además la empresa contratada deberá realizar trabajos iniciales. Se consideran trabajos iniciales, aquellos que deben realizarse durante los dos primeros meses de iniciado el plazo contractual con los contratistas, y que tienen como propósito mejorar el funcionamiento y/o apariencia de los equipos.

Las labores que están incluidas entre los trabajos iniciales, son:

- Eliminación de fugas de vapor, retorno de condensado, aire comprimido y agua que se encuentren en el sistema de cada máquina, dentro del proceso de lavandería.
- Suministro e instalación de la aislante térmico de toda la tubería de vapor y condensado que no cuente con la misma o que se encuentre dañada.
- Cambio de las trampas de vapor y cheques.
- Cambio de válvulas de agua fría, caliente, vapor y aire comprimido en el equipo y líneas principales. Sustitución de válvulas de varias vías, válvulas de cierre, filtros, lubricadores, reguladores de presión y mangueras en mal estado del sistema de aire comprimido en todas las máquinas.
- Aplicación de pintura en todas las máquinas y área de trabajo de las mismas, actividad que deberá realizarse también durante los meses 9 y 18 del mantenimiento preventivo.

2.3.2. Incrustaciones

Según estudios realizados en el Departamento de Lavandería por el centro de investigaciones de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el laboratorio unificado de química y microbiología sanitaria “Dra. Alba Tabarini” ubicado en el edificio T-5 Ciudad Universitaria zona 12, actualmente el agua que llega al departamento de lavandería se encuentra en su límite máximo permisible de dureza según Norma COGUANOR NGO 29 001; es decir, que el agua contiene una alta cantidad de calcio y magnesio (Ca^{2+} y Mg^{2+}).

Los iones de calcio y magnesio impiden la formación de espuma con los jabones, es por esta causa que las aguas duras lavan mal, elevan el consumo de detergentes y producen incrustaciones en lavadoras. Los jabones y detergentes forman con la cal del agua compuestos insolubles. Además, el calcio y magnesio retienen las bacterias, protegiéndolas de la acción bactericida de los jabones y desinfectantes. Con el agua dura se pierden 2 de 3 partes del detergente usado, esta información es proporcionada por los fabricantes en las etiquetas de sus envases.

Un agua con exceso de cal también puede ser perjudicial para la salud, ya que tiene unos efectos negativos para las pieles sensibles, produciendo picores, sequedad, etcétera. Las incrustaciones se pueden eliminar ya sea por la instalación de un ablandador de agua al cual se le debe dar un correcto mantenimiento especialmente cuando el agua es muy dura.

La otra opción para evitar las incrustaciones es utilizar un detergente que pueda trabajar en aguas duras y que disuelva estas incrustaciones. El tripolifosfato de sodio es un componente fundamental de los jabones, de detergentes y de productos diferentes para suavizar las aguas duras, el actual detergente e incrementador del departamento lo contiene pero debido a las condiciones de almacenaje estos pierden efectividad.

2.4. Diseño de las secadoras

Como se ve en la tabla XI en el departamento existen 9 máquinas secadoras, de las cuales la denominada Calandria no está en funcionamiento al parecer desde hace un considerable lapso de tiempo, por lo que al final solo 8 están funcionando. De las 8 mencionadas hay 2 tríos de máquinas que son iguales entre sí, resultando entonces en solo 4 tipos de máquinas distintas.

Además es debido acotar que en la operación de secado deja de tener importancia el tipo de ropa y solo se centran en la cantidad de la misma con la que llenan las secadoras. Las 8 máquinas en funcionamiento poseen un tiempo de trabajo de 45 minutos. El listado de máquinas que se utilizan para el secado es el que se muestra en la tabla XI.

Tabla XI. **Listado de máquinas para el secado de la ropa del hospital**

| No. | Marca | Modelo | Serie | Tipo | Capacidad |
|-----|---------------------|---------------|-------------------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | Wasco Dry | 150 CS | MTCKO6589 28XB | Secadora | 150 lb |
| 2 | Wasco Dry | 150 CS | MTCKO6589 29XB | Secadora | 150 lb |
| 3 | Wasco Dry | 150 CS | MTCKO6589 30XB | Secadora | 150 lb |
| 4 | Huebsch | L44 KD 42S | 265-187 | Secadora | 120 lb |
| 5 | Drydynamic | SLS-4 | 42529 | Secadora | 300 lb |
| 6 | Poensgert Sulman | GMBH | 28523 | Plancha de rodillos (calandria) | 190 lb |
| 7 | ADC | AD-78 | 554784 | Secadora | 75 lb |
| 8 | ADC | AD-78 | 554785 | Secadora | 75 lb |
| 9 | ADC | AD-78 | 554786 | Secadora | 75 lb |

Fuente: elaboración propia.

El proceso de secado es más simple que el proceso de lavado, debido a que no es necesario agregar elementos adicionales, sino que es un proceso más automático.

Tabla XII. **Descripción general del procedimiento de secado**

| Paso | Procedimiento | Duración (minutos) |
|-------|---------------|--------------------|
| 1 | Carga | 5 |
| 2 | Operación | 45 |
| 3 | Descarga | 10 |
| Total | | 60 |

Fuente: elaboración propia.

Los tiempos de la tabla XII son una aproximación de los tiempos cronometrados reales. Se posee un estudio de tiempos en la lavandería en el cual se utilizó el Criterio de General Electric para realizar el cálculo del tiempo estándar, los cuales se mencionaran en la sección 2.2.

Es obvio que los tiempos de secado no pueden ser los mismos para todas las secadoras, debido a que sí bien es cierto que todas las máquinas tienen el mismo tiempo de operación automática, el tiempo de carga y descarga cambia según la máquina. Dos operarios no se tardan el mismo tiempo cargando las máquinas, dado que las tiene diferentes capacidades.

Por esta razón, para realizar el diagrama hombre-máquina, se debe tomar a las secadoras, como máquinas iguales. Esto debido a que las diferencias en los tiempos de carga y descarga son muy pocas, si se comparan con los tiempos totales del proceso.

Figura 10. **Secadora Drynamic**



Fuente: Hospital General San Juan de Dios.

2.4.1. Mantenimiento preventivo y correctivo

Las recomendaciones para realizar el mantenimiento preventivo son divididas en mantenimiento diario y mensual. Para el mantenimiento diario son las siguientes:

- Inspección del funcionamiento del equipo
- Limpieza de filtro atrapa mota
- Lubricar cojinetes y chumaceras
- Verificar disponibilidad y presiones de aire y vapor
- Efectuar limpieza exterior integral

Para el programa mensual de mantenimiento preventivo de las secadoras se tiene que de acuerdo a cada marca y modelo listado de equipo, se deberá limpiar, ajustar, acondicionar, lubricar y reparar, si fuera necesario: las rejillas de aspiración de la mota, entradas de aire, motores eléctricos, serpentines de vapor, fajas, chumaceras, cojinetes, entre otros componentes. Además se deberá eliminar las fugas que aparezcan.

Para lo cual se deberá seguir la siguiente rutina mensual:

- Comprobar el funcionamiento suave de la máquina, tanto del ventilador como del motor, así como su correcta lubricación.
- Revisar el ventilador por cualquier acumulación excesiva de mota o salida del lubricante.
- Verificar el correcto funcionamiento de las trampas de vapor. Si este no fuera correcto, se deberán reparar o cambiar.
- Limpiar los serpentines con aire comprimido y cepillo, por la acumulación de mota.
- Controles eléctricos y timer: comprobar su correcta operación.
- Motores eléctricos: lubricar los cojinetes adecuadamente con grasa para cada servicio pesado. Limpiarlo con aire comprimido y un trapo seco y limpio.
- Líneas de vapor y condensado: comprobar el suministro de vapor a una presión adecuada, así como el correcto funcionamiento de las trampas, filtros, cheques y válvulas en general. La trampa se deberá desarmar cada 6 meses para limpieza general. Se deben corregir de inmediato las fugas de vapor.
- Serpentines de calentamiento: deben limpiarse completamente con aire comprimido y cepillo (en algunos puntos) y dejarlos libres de mota y polvo.

- Corregir cualquier vibración que tengan las máquinas.
- Ventilador: se debe limpiar completamente de mota y polvo, así como de exceso de lubricante.
- Carcasa: debe comprobarse sus buenas condiciones sobre todo lo referente a hermeticidad. Se tiene cualquier fuga, se debe reparar de inmediato. Limpiar de polvo y aceite.
- Puerta: se debe revisar que esté hermética y nivelada. Se deben chequear los empaques de las puertas y reparar o cambiar si tuviera cualquier rajadura.
- Ductos de admisión y escape de aire: limpiarlos completamente con un cepillo suave, trapo limpio y aspiradora. La mota acumulada en ductos y tubería se deberá quitar, colocándola en bolsas para basuras y llevarlas al acopio.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.
- Limpieza de contactos de los contactores.
- Lubricación de todas las partes móviles.

El mantenimiento correctivo debe ser minimizado, pues su aplicación significa la interrupción imprevista del flujo de trabajo del departamento. Idealmente, solamente debería existir mantenimiento preventivo, pero en la realidad es necesario tener planes de contingencia para la interrupción de actividades, debido a desperfectos en la maquinaria. El mantenimiento correctivo será efectuado por la empresa contratada para realizar el mantenimiento preventivo durante el período que se especifique dicho contrato.

Además la empresa contratada deberá realizar trabajos iniciales. Se consideran trabajos iniciales, aquellos que deben realizarse durante los dos primeros meses de iniciado el plazo contractual con los contratistas, y que tienen como propósito mejorar el funcionamiento y/o apariencia de los equipos.

Las labores que están incluidas entre los trabajos son:

- Eliminación de fugas de vapor, retorno de condensado, aire comprimido y agua que se encuentren en el sistema de cada máquina.
- Suministro e instalación de la aislante térmico de toda la tubería de vapor y condensado que no cuente con la misma o que se encuentre dañada.
- Cambio de las trampas de vapor y cheques.
- Cambio de válvulas de agua fría, caliente, vapor y aire comprimido en el equipo y líneas principales.
- Suministro e instalación de filtros atrapa mota para cada uno de los serpentines de las secadoras, con marco de metal.
- Cambio de válvulas de varias vías, válvulas de cierre, filtros, lubricadores, reguladores de presión y mangueras en mal estado del sistema de aire comprimido en todas las máquinas.
- Aplicación de pintura en todas las máquinas y área de trabajo de las mismas, actividad que deberá realizarse también durante los meses 9 y 18 del mantenimiento preventivo.

2.5. Aguas residuales de la lavandería

El agua que se descarga del proceso de lavandería está contaminada debido a que sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición han sido alteradas. A continuación se analizarán estos parámetros así como sus consecuencias, el agua ha sido analizada tanto antes de entrar al proceso como al salir de este por el laboratorio unificado de química y microbiología sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina” del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala ubicado en el edificio T-5 del Ciudad Universitaria zona 12.

2.5.1. Parámetros fisicoquímicos sanitarios

De acuerdo a la norma COGUANOR NGO 29 001 sistema internacional de unidades, al examinarse fisicoquímicamente por el laboratorio previamente mencionado los parámetros más importantes para el agua que entra en el proceso son los siguientes: pH de 6,70 unidades, color de 1 unidad, nitritos 0,008 miligramos por litros, nitratos 25,96 miligramos por litros, sólidos en suspensión 1 miligramos por litros, dureza total de 146 miligramos por litros y amoniaco de 00,15 miligramos por litros.

En cambio de acuerdo a las mismas normas, para el agua residual del proceso de lavandería los parámetros son los siguientes: pH de 9,08 unidades, color de 325 unidades, nitratos de 80 miligramos por litros, nitritos 0,296 miligramos por litros, sólidos en suspensión 100 miligramos por litros, fosfatos de 35 miligramos por litros, demanda bioquímica de oxígeno de 160 miligramos por litros y demanda química de oxígeno de 236 miligramos por litros. Como se puede ver en el párrafo anterior el agua de ser neutra se convierte en alcalina, además se puede verificar que el cambio del color y de los sólidos en suspensión del agua al pasar por el proceso de lavandería es bastante drástico.

Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. El valor pauta para el nitrato es por lo tanto 50 miligramos por litros según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cualquier valor superior a 80 miligramos por litros puede ser tóxico. El agua residual del proceso de lavandería se encuentra justamente en este parámetro considerándose así al agua como tóxica.

2.6. Capacidad instalada actual

Según los estándares ya existentes en el Departamento de Lavandería, la cantidad de ropa diaria que tendría que ser lavada es de 7 000 libras, aunque no logra alcanzarse esta cantidad todos los días. Con base al último estudio de tiempos realizado en el Departamento de Lavandería del hospital, el análisis de producción diaria es el siguiente.

Se debe tener en cuenta primero el tiempo disponible con el que se cuenta para realizar el ciclo completo de lavado. Como se especificó anteriormente los hombres, quienes realizan la recolección, clasificado, secado y entrega entran a las 6:00 horas y salen a las 14:00 horas, mientras que las mujeres entran a las 7:00 horas y salen a las 15:00 horas. Esta hora de diferencia se debe a que las primeras operaciones del ciclo son realizadas solo por hombres mientras que las últimas en su mayoría por mujeres. Además ambos, hombre y mujeres, cuentan con una hora para desayunar y una hora para almorzar. Entonces la cantidad de horas disponibles sería la que se muestra en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Horas efectivas de tiempo trabajado por los operarios**

| Género | Horario | Horas Totales | Horas comidas | Horas disponibles |
|---------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| Hombres | 6:00 - 14:00 | 8 | 2 | 6 |
| Mujeres | 7:00 - 15:00 | 8 | 2 | 6 |

Fuente: elaboración propia.

Dando así un total de tiempo trabajado de 8 horas (por la hora que entran más temprano los hombres y la hora que salen más tarde las mujeres). Sin embargo de esas 8 horas solo se pueden tomar como efectivas de producción las 6 horas de la tabla XIII, ya que el corrimiento de la hora evita que todos trabajen al mismo tiempo.

Por lo tanto la cantidad de producción diaria podría estimarse de la siguiente manera: la primera operación del proceso es la recolección con un tiempo estándar de 57 minutos y 12 segundos puede considerarse que después de ella ya se tiene abastecido el departamento con ropa sucia, ya que como son varios los niveles y varios los operarios que viajan a los mismos al unísono, la primera recolección de ropa termina luego de este tiempo estándar.

Luego se da la clasificación con un tiempo estándar de 8 minutos el cual es un tiempo por carro, debido a que la clasificación la realizan todos al unísono, y siendo el tiempo mostrado arriba un tiempo estándar ya establecido, puede entenderse que sin importar el número de carros que lleguen luego de 8 minutos y 18 segundos estos ya estarán en teoría clasificados.

Hasta acá el tiempo total gastado sería de: 1 hora, 5 minutos y 30 segundos: para motivos de cálculo será de 1 hora y 5 minutos lo que nos deja un total disponible para las demás tareas de 4 horas y 55 minutos. Sin embargo para hacer al cálculo del lavado y secado, es necesario restar el tiempo estándar de entrega el cual es de 34 minutos y 37 segundos, para tener un tiempo disponible solo para estos proceso. Esto nos arroja un tiempo total disponible, es decir sin las horas de comida, para lavado y secado de 4 horas y 20 minutos.

A pesar de tener un tiempo disponible, debido a que normalmente los operarios dejan las máquinas trabajando mientras se van a comer o refaccionar, lo más lógico es que para el cálculo de la capacidad de lavado y secado se tomen en cuenta las 2 horas que se le habían restado al proceso anteriormente, con la finalidad de obtener datos o resultados más reales y fiables. Para el lavado de ropa ligera y pesada se tienen entonces las siguientes estimaciones de tiempo.

Tabla XIV. **Capacidad del proceso para el lavado de ropa liviana**

| LAVADO ROPA LIVIANA | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| Máquina s | Capacidad | | Horas disponibles | T estándar | Libras/día | |
| | Teórica (lb) | Utilizada (lb) | | | Teóricas | Reales |
| Washex (1) | 480 | 400 | 06:20:00 | 01:34:29 | 1 930,5 | 1 608,7 |
| Washex (2) | 480 | 400 | 06:20:00 | 01:34:29 | 1 930,5 | 1 608,7 |
| Renzacci (1) | 120 | 100 | 06:20:00 | 01:20:00 | 570,0 | 475,0 |
| Renzacci (2) | 120 | 100 | 06:20:00 | 01:20:00 | 570,0 | 475,0 |
| Renzacci (3) | 120 | 100 | 06:20:00 | 01:20:00 | 570,0 | 475,0 |
| Braun | 450 | 390 | 06:20:00 | 01:39:25 | 1 720,0 | 1 490,7 |
| TOTAL LIBRAS AL DÍA | | | | | 7 291 | 6 133 |

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas XIV y XVII, la operación que representa el cuello de botella a pesar de que contiene más máquinas es el secado.

Tabla XV. **Capacidad del proceso para el lavado de ropa pesada**

| LAVADO ROPA PESADA | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Máquinas | Capacidad | | Horas disponibles | T estándar | Libras/día | |
| | Teórica (lb) | Utilizada (lb) | | | Teóricas | Reales |
| Washex (1) | 480 | 350 | 06:20:00 | 01:11:35 | 2 548,1 | 1 858.0 |
| Washex (2) | 480 | 350 | 06:20:00 | 01:11:35 | 2 548,1 | 1 858.0 |
| Braun | 450 | 360 | 06:20:00 | 02:01:04 | 1 412,4 | 1 130.0 |
| TOTAL LIBRAS AL DÍA | | | | | 6 509 | 4 846 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Capacidad del proceso para el secado de ropa**

| SECADO | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Máquinas | Capacidad | | Horas disponibles | T estándar | Libras/día | |
| | Teórica (lb) | Utilizada (lb) | | | Teóricas | Reales |
| Wasco Dry (1) | 150 | 100 | 06:20:00 | 01:10:41 | 806,4 | 537,6 |
| Wasco Dry (2) | 150 | 100 | 06:20:00 | 01:10:41 | 806,4 | 537,6 |
| Wasco Dry (3) | 150 | 100 | 06:20:00 | 01:10:41 | 806,4 | 537,6 |
| Huebsch | 120 | 100 | 06:20:00 | 01:06:24 | 686,8 | 572,3 |
| Drydynamic | 300 | 200 | 06:20:00 | 01:14:23 | 1 532,5 | 1 021,7 |
| ADC (1) | 120 | 75 | 06:20:00 | 01:12:23 | 629,9 | 393,7 |
| ADC (2) | 120 | 75 | 06:20:00 | 01:12:23 | 629,9 | 393,7 |
| ADC (3) | 120 | 75 | 06:20:00 | 01:12:23 | 629,9 | 393,7 |
| TOTAL LIBRAS AL DÍA | | | | | 6 528 | 4 388 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Resumen por mes**

| Proceso | Teóricas (lb/mes) | Reales (lb/mes) |
|----------------|------------------------------|----------------------------|
| Lavado | 195 270 | 145 380 |
| Secado | 195 480 | 131 640 |

Fuente: elaboración propia.

Para terminar de enumerar los procesos, se tiene tres minutos como tiempo estándar para el doblado y quince minutos para el despacho de la ropa higienizada a los diferentes servicios del hospital.

Un aspecto importante al analizar los datos anteriores, es primeramente que sólo mediante el cuello de botella (que es el secado) se puede hacer una estimación de la producción diaria, pues es él quien marca el ritmo de trabajo. Por lo tanto la producción diaria es de 4 388 libras. Al ver esta cifra surge la duda de porque se maneja un nivel tan alto (7 000 libras) como estándar de lavado diario, y en parte se debe a las siguientes razones:

- En el estudio de tiempos, los criterios tanto de valoración como de suplementos son propiamente criterio del observador por lo que estos dependen en gran medida de cómo trabaje el operador cuando se realizan las observaciones, siendo en cierta medida relativo.
- Los operadores acostumbran en el departamento a no darle los tiempos completos a los ciclos en las máquinas, algunos por simple ignorancia, poca capacitación, por criterio, etcétera. Mientras que otros eligen acortar los ciclos para poder hacer más lavadas o secadas y así cumplir con los requerimientos.

- En ocasiones, los trabajadores se quedan un poco más de tiempo trabajando o bien llenan las máquinas con más de lo necesario, lo que a veces provoca descomposturas.
- En un estudio de tiempos siempre hay márgenes de error aunque se trata de que estos sean los mínimos posibles.
- Casi todos los días queda ropa lista para el siguiente, lo que provoca que el departamento cuente con algunas reservas. De igual modo existe el departamento de costurería que es el responsable de confeccionar la ropa del hospital y por lo tanto sustituir la que ya se encuentra dañada.

En los siguientes capítulos se trabajara por separado lavadoras y secadoras para obtener balances más reales. Y así poder establecer parámetros máximos y mínimos del proceso acordes a la realidad del proceso.

2.7. Volumen de desechos generados

La cantidad de agua mínima utilizada durante un día de lavado de ropa liviana es de las dos lavadoras Washex 128,7 litros por desagüe x 3 desagües x 6 veces al día es igual a 2 316,6 litros al día. Mientras las tres lavadoras Renzacci utilizan 32,18 litros por desagüe x 3 desagües x 12 veces al día siendo igual a 1 158,3 litros al día y la lavadora Braun 125,50 litros por desagüe x 3 desagües x 2 veces al día obteniendo así 752,90 litros por día. Teniendo un total de 4 227,8 litros por día para ropa liviana.

La cantidad de agua mínima utilizada durante un día de lavado de ropa pesada es de las dos lavadoras Washex 128,7 litros por desagüe x 3 desagües x 5 veces por día es igual a 1 930,5 litros al día y la lavadora Braun 125,50 litros por desagüe x 3 desagües x 3 veces al día es igual a 1 129,5 litros por día. Teniendo así un total de 3 060 litros por día para ropa pesada.

Es importante denotar que estas son las cantidades mínimas de agua a utilizar en el proceso de lavandería del hospital puesto que cuando el volumen de ropa sucia sube este consumo también aumenta proporcionalmente.

Se tiene entonces un volumen de 1 955 414,50 litros por año. De acuerdo a la sección 2.5 el agua residual del proceso de lavandería tiene los parámetros son los siguientes: pH de 9,08 unidades, color de 325 unidades, nitratos de 80,00 partes por millón, nitritos 0,296 partes por millón, sólidos en suspensión 100 partes por millón, fosfatos de 35,00 partes por millón, demanda bioquímica de oxígeno de 160 partes por millón y demanda química de oxígeno de 236 partes por millón.

Siendo así entonces que se generan por año: 156 433,16 gramos de nitratos, 578,80 gramos de nitritos, 195 541,45 gramos de sólidos suspendidos y 68 439,51 gramos de fosfatos. Siendo el principal fin del presente trabajo de graduación reducir dichos parámetros.

2.8. Aspectos actuales de seguridad e higiene industrial

El sistema de seguridad e higiene industrial consiste en una serie de herramientas, métodos, normas, reglas y estándares, los cuales, aplicados a un sistema de producción, o en este caso, un Departamento de Lavandería. Actualmente el Departamento de Lavandería no cuenta con un sistema de seguridad e higiene industrial. En cuanto a los problemas actuales, se tiene:

- Existe en todo momento, cierta cantidad de ropa sucia amontonada en ciertas partes del departamento, esto también presenta riesgos de salud para los trabajadores.
- No existe una adecuada señalización industrial en el área.

- Existen áreas en las cuales se apila la ropa sucia.
- Las mascarillas y guantes que se utilizan son de mala calidad, debe utilizarse guantes de mejor calidad.
- Utilización de protectores para los oídos, pues el ruido dentro del departamento es considerable y puede ocasionar problemas auditivos a un largo plazo.

La falta de utilización de guantes y mascarilla de buena calidad le permite al operario tener contacto directo con la ropa que muchas veces tiene aun detergente, cloro e incrementador, en especial cuando esta se encuentra húmeda. Además a veces los operarios no cuentan con un reabastecimiento adecuado de estos. Las especificaciones técnicas de los materiales utilizados en el proceso especifican en su hoja técnica el uso de guantes y mascarillas debido a que son corrosivos. Entonces es de alta prioridad que se establezca el reabastecimiento de la mascarilla y los guantes, así como hacer conciencia en el operario de la importancia de que los use correctamente.

2.9. Costos actuales

Los costos actuales se pueden desglosar en los siguientes rubros: mano de obra directa, materiales, servicios y combustible. El departamento utiliza aproximadamente 8 000 galones de diesel al mes.

Los rubros que representan la mayor parte del costo, son: energía eléctrica, combustible, mano de obra directa y materiales. Para realizar los cálculos sobre el costo de la electricidad, se tiene un valor de corriente promedio de 84,23 amperios, existente en el sistema, en cualquier momento dado. El voltaje de toda la maquinaria es de 220 volts, esto quiere decir, que para calcular la potencia trifásica, y luego calcular el costo, solamente se

necesita el factor de potencia. Los factores de potencia promedio para las tres fases, son: 0,7278, 0,7810 y 0,9673. Teniendo un factor de potencia de 0,82, se puede calcular la potencia trifásica con la siguiente fórmula:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times (\text{factor de potencia})$$

Donde:

V = voltaje

I = corriente en Amperios

Entonces,

$$P = \sqrt{3} * V * I * 0,82 = 26,32 \text{ kilowatts}$$

Siendo así 26,32 kilowatts la potencia trifásica promedio. El costo del kilowatt-hora es de 0,04286 quetzales por kilowatt-hora, o lo que es equivalente, a multiplicar por (8 horas al día por 30 días al mes) y se tiene 10,2864 quetzales por kilowatt-mes.

Para calcular el costo se tiene:

Costo = (Costo Kilowatts mes) x (kilowatts al mes) x (cantidad de libras de ropa lavadas al mes)

$$\text{Costo} = (26,32 \text{ Q/kw-mes}) * (10,2864 \text{ kw /mes}) * (1 \text{ mes}/131 \text{ 640 lb})$$

$$\text{Costo} = \text{Q. } 0,002057/\text{lb}$$

Para el combustible, se tiene que se utilizan 13 650 galones de diesel al mes. Si el precio del galón de diesel es aproximadamente 30,89 quetzales (dato tomado el 8 de marzo del 2011) entonces si se lavan 131 600 libras de ropa por mes, el costo por libra, por combustible es el siguiente.

Costo = (galones de diesel/mes) x (costo del galón) / (cantidad de libras de ropa lavadas al mes)

Costo = ((13 650,00 galones/mes) * (Q.30,89/galón))/ (131 640 lb/mes)

Costo = Q. 3,20 /lb

Para determinar el costo que representa la mano de obra, el número de empleados es 46 empleados en total, cada uno con salario de 2 400,00 quetzales por mes, lo que hace un total de 2 400 quetzales por 46 = 110 400 quetzales por mes.

El costo de mano de obra por lavado de ropa por libra es:

Costo = (Costo de mano de obra al mes) / (cantidad de libras procesadas al mes)

Costo = (Q 110 400/mes) / (Q 131 640 lb/mes)

Costo = Q.0,8387 /lb

Para el cálculo de los materiales, se tienen los siguientes datos: se gasta en materiales, aproximadamente 25 800,00 quetzales al mes.

El precio del detergente clorado al 16 por ciento es de 3,40 quetzales por libra, el del detergente grado industrial para lavandería de hospitales de maternidad es de 2,68 quetzales por libra, el del incrementador es de 3,30 quetzales por libra, el del cloro líquido al 5 por ciento es de 7,50 quetzales por galón, el del cloro líquido al 10 por ciento es de 11 quetzales por galón y el del desinfectante es de 12,95 quetzales por galón

Para hallar el costo por libra, se hace el siguiente cálculo:

Costo = (costo de materiales por mes) / (cantidad de libras procesadas por mes)

Costo = (Q 20 800/mes) / (131 640 lb/mes)

Costo = Q. 0,20 /lb

El costo total por libra de ropa procesada viene siendo:

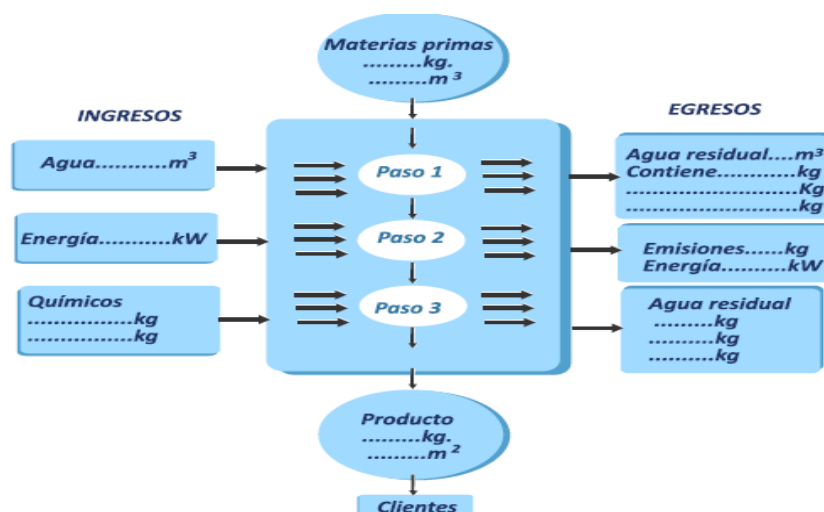
Costo total = costo de electricidad + costo de diesel + costo de mano de obra + costo de materiales

Costo total = 0,002057 + 3,20 + 0,8387 + 0,20 = Q. 4,24/lb

3. PROPUESTA DE LAS MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Para este capítulo se utilizarán como fuentes de información para elaborar el balance de materiales: registros de compra, inventarios de materiales, registros de operación, análisis de residuos, programas de mantenimiento, procedimientos de operación estándar, entrevistas con empleados para verificar si las operaciones se realizan de acuerdo con las prescripciones, entre otros. La información recopilada y obtenida a través del balance tiene importancia fundamental dentro de la evaluación de Producción más Limpia, ya que sirve para definir las áreas de oportunidad hacia donde se enfocarán los recursos y esfuerzos. La figura 11 muestra como se debe plantear un balance total en una empresa.

Figura 11. Representación de un balance total



Fuente: elaboración propia.

3.1. Analizar el proceso e identificar el origen de los desechos

El proceso se describió en el capítulo anterior en la sección 2.1-2.4, en resumen es el siguiente: recolección, clasificación, lavado, secado, doblado y reparto. Como se puede apreciar en las secciones 2.1-2.4 las únicas operaciones que producen desechos son el lavado y el secado de la ropa sucia ya sea pesada o liviana. Siendo el principal enfoque de este trabajo la reducción de desechos, será acá donde se buscara enfatizar el proceso de Producción más Limpia para reducir la emisión de residuos líquidos, los cuales luego representan un incremento en gasto al ser tratados en la planta de tratamiento de agua residual.

3.2. Determinar variables a medir

En esta sección se describe que variables se tienen en el proceso de lavandería para luego medirlas y por último se utilizaran para los balances de material. Un indicador es un punto de referencia, que brindan información cualitativa o cuantitativa, conformada por uno o varios datos, constituidos por percepciones, números, hechos, opiniones o medidas, que permiten seguir el desenvolvimiento de un proceso y su evaluación, y que deben guardar relación con el mismo.

3.2.1. Indicadores de entrada del proceso

Las entradas a un proceso pueden incluir materias primas, productos químicos, agua y energía. Las entradas al proceso necesitan ser cuantificadas. Como indicadores de entrada al proceso se tienen los registros de operación, procedimientos de operación estándar y entrevistas con empleados.

3.2.2. Elementos del proceso e indicadores de relación

Los elementos del proceso son la energía, el agua, combustible, el detergente o jabón líquido, el incrementador, el cloro, el desinfectante, agua residual y la materia prima que es la ropa sucia. Con el registro de operación podemos saber la relación entre libras de ropa sucia y libras de químicos utilizados en el proceso de lavado. También podemos utilizar las aguas residuales para verificar que porcentajes de químicos salen transformados en otras sustancias como nitratos, nitritos, fosfatos, etcétera.

3.2.3. Indicadores de salida del proceso

Para calcular la segunda mitad del balance de materiales, se cuantificaron las salidas de las operaciones unitarias y de todo el proceso. Las salidas incluyen el producto principal y los residuos líquidos que necesitan ser enviados al tratamiento de aguas residuales del hospital, así como el costo de tratamiento, disposición y valorización. Los indicadores de salida del proceso fueron únicamente el análisis de aguas residuales y el inventario de despacho de ropa limpia.

3.2.4. Seleccionar los indicadores correctos

Se seleccionaron los indicadores correctos para realizar la evaluación de datos cuantitativos y el balance material. Entonces se tomó como el más importante indicador de entrada el registro de operación del mes de febrero y marzo del 2011. Como indicador de salida se tomó el análisis de aguas residuales. De esta manera se desarrollaron los balances de material y de energía.

3.2.5. Desarrollar definiciones operacionales de medición

De forma clásica, se puede decir que una definición operacional indica las actividades u operaciones necesarias para medir o manipular una variable. En este caso se poseen variables simples, unidimensionales, como el peso, las cuales se pueden definir con mucha facilidad. En todo este capítulo se emplearon variables cuantitativas.

El peso se mide mediante una balanza. Las dos medidas que se utilizaran del registro de operación serán libras y galones. El registro de operación se encuentra en dos versiones uno diario el cual detalla todas las operaciones realizadas en el día en cada máquina y otro que es el resumen del día el cual es realizado mensualmente.

El primero detalla que operación realizo que trabajador y cuanto utilizo, y el otro expresa a grandes rasgos las cantidades consumidas diarias para conocer el movimiento del inventario consumido hacia la gerencia de mantenimiento del hospital. Para la recolección de las aguas de antes y después de entrar al proceso se utilizara un galón el cual se deberá lavar varias veces para asegurar que no existan residuos que contaminen la muestras al momento de ser tomadas, se taparan adecuadamente para evitar su posterior contaminación guardándose estas a temperatura ambiente.

Por último se utilizaran las Normas COGUANOR NGO 29 001 sistema internacional de unidades para el análisis de agua y aguas residuales obteniendo así diferentes variables como partes por millón. Las partes por millón es una unidad de medida de concentración la cual se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

3.2.6. Desarrollar un plan de medición

Se obtuvieron los últimos tres meses del registro de operaciones la cantidad de libras utilizadas de detergente o jabón líquido, desinfectante, cloro e incrementador en relación a libras de ropa lavada. Además se generó una idea de la energía, agua y de la cantidad de aguas residuales desechadas al monitorearse por un día el proceso y luego ampliarlo con el registro de operación. También se midieron los parámetros de aguas residuales los cuales se obtuvieron por medio de un galón de agua residual del proceso actual y de los procesos de prueba piloto que se desarrollarán en el siguiente capítulo teniendo así una idea global de la reducción de desechos líquidos que se tendrá al generar los cambios.

3.3. Recolectar datos

Para la recolección de datos se utilizaron las tablas que se ven en el apéndice para la recolección de datos de energía, agua y agua residual diaria. Además, se utilizarán los datos del anexo donde se encuentran los últimos tres meses de los registros de operación así como los análisis de aguas antes de ingresar al proceso y del análisis de agua residual.

3.4. Balance de energía

Se dice que un sistema es abierto o cerrado dependiendo que exista o no transferencia de masa a través de la frontera del sistema durante el período de tiempo en que ocurre el balance de energía. Por definición un proceso intermitente es un proceso cerrado; este es el caso de una lavadora y secadora.

La ecuación general del balance de energía se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Acumulación de energía dentro del sistema} = \Delta E_{if} - \Delta E_{of} + E_{is} - E_{os}$$

Donde:

ΔE_{if} = Transferencia de energía a través de la frontera del sistema

ΔE_{of} = Transferencia de energía fuera de la frontera del sistema

E_{is} = Energía generada dentro del sistema

E_{os} = Energía consumida dentro del sistema

Energía final sistema – energía inicial sistema = energía neta transferida

$$\text{Energía transferida } (\Delta E) = \text{Calor } (Q) + \text{Trabajo } (W)$$

$$\text{Si } \Delta E = 0; \text{ entonces } Q = -W.$$

3.4.1. Lavadora

Según una investigación realizada a las lavadoras industriales, están provistas de un motor eléctrico con una potencia superiores a 3/4 o 1 caballo de fuerza. Las lavadoras industriales solo poseen un botón para iniciar el lavado.

La capacidad de lavado en el Departamento de Lavandería es de aproximadamente 120 libras a 480 libras, la posición del cubo de lavado es

horizontal, el motor es de funcionamiento trifásico y corriente 220 volts, además el juego de poleas y la faja de transmisión de la lavadora es más resistente y de mayor tamaño que la de una de uso doméstico.

3.4.2. Secadora

Se posee secadoras rotativas semiautomáticas y secadoras rotativas manuales, las cuales varían en su capacidad entre 80 libras y 300 libras. El motor de dichas secadoras industriales funciona igual que el de la lavadoras industriales con un funcionamiento trifásico y corriente de 220 volts.

Entonces según lo anterior (3.3.1.-3.3.2.) para realizar los cálculos sobre la electricidad, se tiene un valor de corriente promedio de 84,23 amperios, existente en el sistema (lavadoras y secadoras), en cualquier momento dado.

3.5. Evaluación de detergente

El detergente o jabón en polvo es una sustancia que tiene la propiedad química de disolver la suciedad o las impurezas de un objeto sin corroerlo. La mayoría de los detergentes son compuestos de sodio del sulfonato de benceno sustituido, denominados sulfonatos de alquilbenceno lineales (LAS). Otros son compuestos de alquilbencen sulfatos de cadena ramificada, que se degradan más lentamente que los sulfonatos de alquilbenceno lineales.

En 1970 un detergente típico de lavandería de gran potencia contenía 50 por ciento de tripolifosfato de sodio (fosfato) y sólo un 18 por ciento de sulfonatos de alquilbenceno lineales. Como se mencionó anteriormente son los sulfonatos de alquilbenceno lineales los que tiene la acción detergente, y desde entonces algunos fabricantes han reducido el porcentaje de fosfatos.

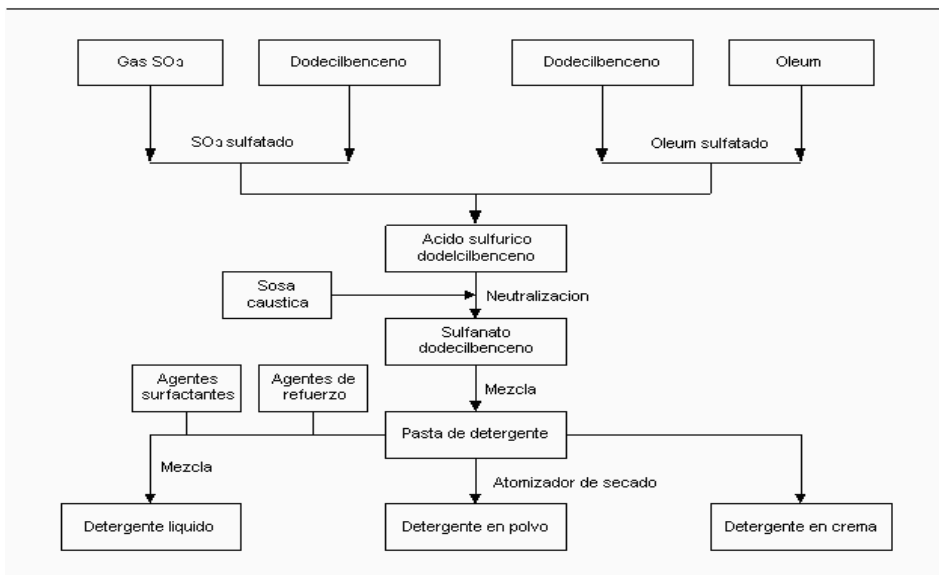
3.5.1. Evaluación de datos cuantitativos de detergente

Para realizar la evaluación de datos cuantitativos se analizaron los meses de enero a marzo del 2011 del registro de operación el cual se encuentra en el anexo, en los cuales se verificaron que el límite máximo de libras de ropa por libra de detergente es de 77 y el mínimo es de 27.

3.5.2. Balance de material de detergente

El principal compuesto a tomar en cuenta para el análisis del material en el detergente por ser aniónico, son los fosfatos en el cual se obtienen en las aguas residuales según el análisis físico químico sanitario 35 miligramos por litro de fosfatos de aumento en relación al análisis físico químico del agua inicial del proceso de lavandería.

Figura 12. Diagrama de la fabricación de un detergente



Fuente: elaboración propia.

Al ser ropa liviana se tendría un total promedio de 147,97 gramos de fosfatos por día, al ser ropa pesada se tendría un total promedio de 107,10 gramos de fosfatos al día, esto considerando los límites de libras de ropa por libras de detergente considerados en la sección 3.4.1, los cuales no son los recomendados en la ficha técnica del detergente fabricado por Producciones R&R.

3.5.3. Medidas de Producción más Limpia de detergente

Se realizara una evaluación y estudio de factibilidad del detergente en el proceso de lavandería, para lograr tener una idea general del impacto de este desde el punto de vista para el medio ambiente, técnico y económico.

3.5.3.1. Evaluación y estudio de factibilidad de detergente

El objetivo de la fase de evaluación y el estudio de factibilidad es evaluar las oportunidades de Producción más Limpia propuestos y adecuados para su implementación.

3.5.3.1.1. Evaluación técnica de detergente

El actual detergente a examinar es una mezcla de dodecibenceno, carbonato de sodio, tripolifosfato de sodio, sulfato de sodio, blanqueador y esencias. Este se clasifica como un detergente grado industrial alcalino fuerte.

3.5.3.1.2. Evaluación económica de detergente

Para realizar la evaluación económica del detergente se tiene que según el registro de operación (el cual se encuentra en el anexo), en los cuales se gastó 3 958 libras de detergente en enero, 5 220 libras de detergente en febrero y 4 675 libras de detergente en marzo. Si tomamos un valor intermedio para nuestro análisis económico sería el del mes de marzo con 4 675 libras de detergente, entonces estaríamos utilizando esta cantidad de detergente con un costo de 2,68 quetzales por libra obteniendo así un total promedio aproximado de 150 348,00 quetzales por año los contratos con los proveedores se hacen anualmente debido a esto los precios no varían a lo largo del año.

3.5.3.1.3. Evaluación ambiental de detergente

El extremo sulfato es soluble en agua y el extremo del hidrocarburo es soluble en aceite. La ventaja de los detergentes es que no forman natas con el agua dura. Por su amplia utilidad los detergentes se usan tanto en la industria como en los hogares, sin embargo, puesto que se emplean en grandes cantidades constituyen una fuente de contaminación del agua. Entre los principales problemas ambientales a considerar se encuentran los siguientes:

- Espuma: en las plantas de tratamiento de agua provoca problemas de operación, afecta la sedimentación primaria ya que engloba partículas haciendo que la sedimentación sea más lenta, dificulta la dilución de oxígeno atmosférico en agua y recubre las superficies de trabajo con sedimentos que contienen altas concentraciones de surfactantes, grasas, proteínas y lodos.

- Toxicidad en la agricultura: al utilizar aguas negras que contengan detergentes para irrigación, se pueden contaminar los suelos y por consiguiente, los cultivos. Así por ejemplo, se ha observado que el ABS inhibe en un 70 por ciento el crecimiento de las plantas como el girasol en concentración de tan sólo 10 partes por millón y en un 100 por ciento a 40 partes por millón.
- Eutrofización: la palabra proviene del griego "bien alimentado"; constituye un proceso natural de envejecimiento, en el que el lago sobrealimentado acumula grandes cantidades de material vegetal en descomposición en su fondo. Esto tiende a llenar el lago y hacerlo menos profundo, más tibio y con gran acumulación de nutrientes. Las plantas se apoderan del lecho del lago conforme se va llenando y se convierte poco a poco en un pantano para transformarse por último en un prado o un bosque.

3.6. Evaluación de cloro

El cloro es un elemento químico de número atómico 17 situado en el grupo de los halógenos (grupo VII A) de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Cl. En condiciones normales y en estado puro forma dicloro: un gas tóxico amarillo-verdoso formado por moléculas diatómicas (Cl_2) unas 2,5 veces más pesado que el aire, de olor desagradable y tóxico.

El cloro es un elemento abundante en la naturaleza y se trata de un elemento químico esencial para muchas formas de vida. El cloro comercial se obtiene por electrólisis en el proceso de preparación de los álcalis y se expende en forma líquida, no es puro; y por lo tanto, ha de purificarse.

3.6.1. Evaluación de datos cuantitativos de cloro

Para realizar la evaluación de datos cuantitativos se analizaron los meses de enero a marzo del 2011 del registro de operación, en los cuales se verificaron que el límite máximo de libras de ropa por libra de cloro es de 89 y el mínimo es de 25. Aunque también se utiliza medio galón de cloro al 5 por ciento.

3.6.2. Balance de material de cloro

El principal compuesto a tomar en cuenta para el análisis del material en el cloro son los cloruros en el cual se obtienen en las aguas residuales según el análisis físico químico sanitario 42 miligramos por litro de cloruros de aumento en relación al análisis físico químico del agua inicial del proceso. Se prefiere el detergente en polvo clorado que el cloro líquido puesto que el primero no pierde tan rápidamente su principio activo.

Siendo ropa liviana se tendría un total promedio de 177,57 gramos de cloruros al día, al ser ropa pesada se tendría un total promedio de 128,52 gramos de cloruros por día, esto considerando los límites de libras de ropa por libras de detergente considerados en la sección 3.5.1, los cuales no son los recomendados en la ficha técnica del cloro fabricado por Producciones R&R. Otro factor a tomar en cuenta es el pH debido a que este se aumenta 2,38 unidades entre el final y el inicio del proceso de lavado.

3.6.3. Medidas de Producción más Limpia de cloro

Se realizara una evaluación y estudio de factibilidad del cloro en el proceso de lavandería, para lograr tener una idea general del impacto de este desde el punto de vista para el medio ambiente, técnico y económico.

3.6.3.1. Evaluación y estudio de factibilidad de cloro

El objetivo de la fase de evaluación y el estudio de factibilidad es evaluar las oportunidades Producción más Limpia propuestos y adecuados para su implementación.

3.6.3.1.1. Evaluación técnica de cloro

El actual detergente clorado al 16 por ciento a examinar es una mezcla de carbonato de sodio y blanqueadores ópticos. El detergente clorado es grado industrial fuerte especial para lavandería de hospitales, limpia desinfecta y blanquea la ropa.

3.6.3.1.2. Evaluación económica de cloro

Para realizar la evaluación económica del cloro se tiene que según el registro de operación, en los cuales se gasto 3 762 libras en enero, 5 236 libras en febrero y 4 649 libras de detergente en marzo. Si tomamos un valor intermedio para nuestro análisis económico sería el del mes de marzo con 4 649 libras de cloro, entonces estaríamos utilizando esta cantidad de cloro con un costo de 3,40 quetzales por libra obteniendo así un total promedio aproximado de 189 679,20 quetzales por año los contratos con los proveedores se hacen anualmente debido a esto los precios no varían a lo largo del año.

3.6.3.1.3. Evaluación ambiental de cloro

Sus vapores contaminan el aire y son corrosivos, en forma de clorato, contamina el agua, además de formar mezclas explosivas con compuestos orgánicos que dañan el hígado y el cerebro. Algunos medicamentos que contienen cloro afectan el sistema nervioso. El cloro en cantidades mínimas es altamente efectivo para la desinfección del agua, aunque en el caso del Departamento de Lavandería este no se utiliza en pequeñas cantidades lo que provoca daños en forma de clorato. El cloro provoca daños ambientales a un nivel bajo. El cloro es especialmente dañino para los organismos que viven en el agua y en el suelo.

Los derivados de la degradación vegetal y animal son compuestos activos que, al reaccionar con el cloro, dan como resultado compuestos orgánicos clorados, entre ellos los trihalometanos. El cloro se combina con material inorgánico en el agua para formar las sales de cloruro, y con materia orgánica en el agua para formar compuestos orgánicos clorados.

3.7. Evaluación de desinfectante

Los Desinfectantes son preparaciones con propiedades germicidas y bactericidas, es decir, que eliminan microorganismos patógenos. Los desinfectantes deben su acción a los ingredientes activos que contienen. Entre los principales tenemos: el fenol, cresol, aceite de pino y el alcohol isopropílico. Los ingredientes activos son complementados emulsificantes y otros ingredientes inertes como el agua, colorantes y fijadores.

Los desinfectantes deben tener una buena concentración de ingredientes activos lo cual garantizará su efectividad y poder residual. Además estos no

deben contener sustancias tóxicas para el organismo humano o para animales menores, esto quiere decir, que al aplicarse el producto este no contamine.

3.7.1. Evaluación de datos cuantitativos de desinfectante

Para realizar la evaluación de datos cuantitativos se analizaron los meses de enero a marzo del 2011 del registro de operación el cual se encuentra en el anexo, en los cuales se verificaron que el límite máximo de libras de ropa por galón de desinfectante es de 7 000 y el mínimo es de 756.

Aunque no siempre se le agrega desinfectante a la ropa, medida que se implementara como permanente en el capítulo 4. Es importante denotar que entre el límite máximo y mínimo existe mucha diferencia en lo cual se nota que su uso no es continuo y que no se cuenta con un límite estable para su utilización, además de haber meses en los cuales no se utiliza.

3.7.2. Balance de material de desinfectante

El principal compuesto a tomar en cuenta para el balance del material en el desinfectante será el color y el olor puesto que no existe alguna otra determinación química realizada que nos ayude a encontrar un balance del material dentro del proceso.

En las aguas residuales según el análisis físico químico sanitario existe un aumento de 324 unidades de color en relación al análisis físico químico del agua inicial del proceso. Además que el olor del agua cambia de ligero a cloro a ligero aromático entre el inicio y el final del proceso de lavandería.

Los dos factores anteriores claramente se ven afectados por el uso del desinfectante en el proceso, el desinfectante no se debería usar en el proceso puesto que tiene otros fines pero puesto que le da olor además de textura deseada a la ropa actualmente se está utilizando.

3.7.3. Medidas de Producción más Limpia de desinfectante

Se realizara una evaluación y estudio de factibilidad del desinfectante en el proceso de lavandería, para lograr tener una idea general del impacto de este desde el punto de vista para el medio ambiente, técnico y económico.

3.7.3.1. Evaluación y estudio de factibilidad de desinfectante

El objetivo de la fase de evaluación y el estudio de factibilidad es evaluar las oportunidades Producción más Limpia propuestos y adecuados para su implementación. Las oportunidades seleccionadas durante la fase de evaluación deben ser todas evaluadas de acuerdo a su mérito técnico, económico y ambiental.

3.7.3.1.1. Evaluación técnica de desinfectante

El actual desinfectante es una mezcla de surfactantes, emulsificantes disolventes de grasa y detergentes biodegradables para una limpieza rápida. Con base en sales de amonio cuaternario como agente desinfectante. Es un desinfectante limpiador, germicida y fungicida para todo tipo de superficie. Limpia y desinfecta dejando un agradable aroma. Razón por la cual su uso no

es para el lavado de ropa, el desinfectante es para uso de superficies no porosas y que no se encuentran en contacto directo con el cuerpo humano.

3.7.3.1.2. Evaluación económica de desinfectante

Para realizar la evaluación económica del desinfectante se tiene que según el registro de operación el cual se encuentra en el anexo, en los cuales se gasto 105 galones en enero, 152 galones en febrero y 124 galones en marzo. Si tomamos un valor intermedio para nuestro análisis económico sería el del mes de marzo con 124 galones en marzo, entonces estaríamos utilizando esta cantidad de desinfectante con un costo de 12,95 quetzales por galón obteniendo así un total promedio aproximado de 19 269,60 quetzales al año los contratos con los proveedores se hacen anualmente debido a esto los precios no varían a lo largo del año.

3.7.3.1.3. Evaluación ambiental de desinfectante

Los desinfectantes no causan gran impacto negativo en el ambiente, razón por la cual la evaluación ambiental se reduce a decir que son de baja toxicidad para el ser humano y para organismos menores, además de ser bactericidas y germicidas. El principal problema que causa al agua un desinfectante es únicamente en cuanto a su poder residual el cual es casi nulo en la mayoría de los casos, haciendo así no necesario adentrarse en su evaluación ambiental.

3.8. Evaluación de incrementador

El incrementador es un producto formulado en base a sustancias alcalinas y un agente secuestrante de la dureza del agua. Se utiliza en aguas semi-duras (125-250 partes por millón). El incrementador alcalino fuerte hace referencia a composiciones detergentes que comprenden aumentar el volumen de espuma de jabón y de la duración de espuma de jabón; estos materiales proporcionan un volumen incrementado de espuma de jabón así como duración incrementada de espuma de jabón durante la limpieza.

3.8.1. Evaluación de datos cuantitativos de incrementador

Para realizar la evaluación de datos cuantitativos se analizaron los meses de enero a marzo del 2011 del registro de operación el cual se encuentra en el anexo, en los cuales se verificaron que el límite máximo de libras de ropa por libras de incrementador es de 441 y el mínimo es de 60. Es importante denotar que entre el límite máximo y mínimo existe mucha diferencia en lo cual se nota que su uso no es regulado correctamente al ver el anexo se encuentra que si se delimita a límites reales utilizados serían los siguientes límites máximo 186 y el mínimo es de 74.

3.8.2. Balance de material de incrementador

El principal compuesto a tomar en cuenta para el análisis del material en incrementador son los nitratos en el cual se obtienen en las aguas residuales según el análisis físico químico sanitario 54,04 miligramos por litros de nitratos de aumento en relación al análisis físico químico del agua inicial del proceso.

Al ser ropa liviana se tendría un total promedio de 228,47 gramos de nitratos por día, al ser ropa pesada se tendría un total promedio de 165,36 gramos de nitratos por día, esto considerando los límites de libra de ropa por libra de detergente considerados en la sección 3.7.1, los cuales no son los recomendados en la ficha técnica del incrementador fabricado por Producciones R&R.

3.8.3. Medidas de Producción más Limpia de incrementador

Se realizara una evaluación y estudio de factibilidad del incrementador en el proceso de lavandería, para lograr tener una idea general del impacto de este desde el punto de vista para el medio ambiente, técnico y económico.

3.8.3.1. Evaluación y estudio de factibilidad de incrementador

El objetivo de la fase de evaluación y el estudio de factibilidad es evaluar las oportunidades Producción más Limpia propuestos y adecuados para su implementación. Las oportunidades seleccionadas durante la fase de evaluación deben ser todas evaluadas de acuerdo a su mérito técnico, económico y ambiental.

3.8.3.1.1. Evaluación técnica de incrementador

El actual incrementador a examinar es una mezcla de carbonato de sodio, hidróxido de sodio y tripolifosfato de sodio. El detergente se clasifica como grado industrial alcalino fuerte especial para lavandería de hospitales.

3.8.3.1.2. Evaluación económica de incrementador

Para realizar la evaluación económica del incrementador se tiene que según el registro de operación el cual se encuentra en el anexo, en los cuales se gastó 1 329 libras en enero, 1 986 libras en febrero y 2 281 libras en marzo. Si tomamos un valor intermedio para nuestro análisis económico sería el del mes de febrero con 1 986 libras en febrero, entonces estaríamos utilizando esta cantidad de incrementador con un costo de 3,30 quetzales por libra obteniendo así un total promedio aproximado de 78 645,60 quetzales por año los contratos con los proveedores se hacen anualmente debido a esto los precios no varían a lo largo del año.

3.8.3.1.3. Evaluación ambiental de incrementador

El inconveniente del incrementador al impacto ambiental empieza cuando ya se ha desechado el detergente fosfatado, los fosfatos son arrastrados por el drenaje y la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas negras no están diseñadas para eliminar fosfatos y por lo tanto, éstos pasan al medio ambiente acuático a través del efluente de las aguas negras. Se calcula que alrededor del 50 por ciento de los fosfatos de las aguas negras provienen de los detergentes e incrementadores, el porcentaje restante se deriva de compuestos fosforosos de desechos humanos y animales y fertilizantes de fosfato.

El problema de los fosfatos, es que actúa como elemento nutritivo para algas y plantas acuáticas, lo que a su vez provoca la degradación de las aguas naturales (Eutrofización).

Otros efectos secundarios producidos por los incrementadores es que afectan procesos de tratamiento de las aguas residuales, por ejemplo: cambios en la demanda bioquímica de oxígeno y en los sólidos suspendidos, efectos corrosivos en algunas partes mecánicas de las plantas, interferencias en el proceso de cloración, en la determinación de oxígeno disuelto y algunos aditivos en los detergentes pueden intervenir en la formación de flóculos (agrupaciones de partículas suspendidas).

Otra desventaja de utilizar grandes cantidades de fosfatos en los incrementadores, es que el fósforo es uno de los elementos vitales necesarios para el crecimiento de cultivos alimenticios y que se utilizan profusamente en fertilizantes que contienen fósforo en forma de fosfato. En vista de esto, el uso de fosfatos en los detergentes, en forma desmedida, constituye un desperdicio de uno de los recursos más importantes en la naturaleza y una fuente de contaminación importante.

3.9. Generar opciones de minimización de residuos

A continuación se plantean opciones de jabón, detergente, incrementador y cloro a utilizar para el proceso de lavandería los cuales tienen un bajo costo en el mercado local, se generara una opción que iguale o disminuya el costo actual.

3.9.1. Pruebas de cambios a parámetros de insumos

Se plantean los aspectos técnicos, ambientales y económicos de las opciones a tomar en cuenta para la determinación de la opción a implementar en el proceso de lavandería. Se tomara en cuenta la posible utilización de jabón

líquido en lugar de jabón en polvo. Se poseen como insumos: jabón en polvo, jabón líquido, incrementador, cloro, desinfectante y tiempo.

3.9.1.1. Jabón en polvo 1

Este detergente es el actual el cambio radica en que se seguirán las indicaciones del proveedor, esperando obtener el resultado deseado que es ropa limpia.

La indicación es de 2 libras de detergente por cada 100 libras de ropa sucia, al observar los datos cuantitativos de la sección 3.5.1, el registro de operación nos indica valores que sobrepasan o se quedan bajo esta indicación. El costo de este es de 2,68 quetzales por libra.

3.9.1.2. Jabón en polvo 2

Se utilizará el detergente Xedex 1-2-3 con suavizante y cristales blanqueadores el proveedor es Henkel. Las indicaciones de este proveedor es de 3 libras de detergente por cada 100 libras de ropa. El costo es de 5,40 quetzales por libra.

El detergente es biodegradable en ambientes acuáticos y terrestres bajo condiciones aerobias. Además cuida el agua puesto que es una fórmula libre de fosfatos, que contribuye a mantener el equilibrio ecológico en lagos.

3.9.1.3. Jabón en polvo 3

Se utilizará el detergente Magia Blanca el proveedor es Industria la Popular, sociedad anónima. Las indicaciones de este proveedor son de 2 libras

de detergente por cada 100 libras de ropa. El costo es de 5,20 quetzales por libra. El detergente es biodegradable puesto que es un detergente en polvo con agente limpiador biodegradable.

3.9.1.4. Jabón líquido

Se utilizará el detergente Mas Color con efecto Renovador el proveedor es Henkel La Luz, sociedad anónima. Las indicaciones de este proveedor son de 600 mililitros de jabón líquido por cada 100 libras de ropa. El costo es de 18,50 quetzales por litro. El detergente no contiene fosfatos, además es biodegradable en ambientes acuáticos y terrestres bajo condiciones aerobias.

3.9.1.5. Tiempo

Este factor no cambiara debido a que ya se encuentran previamente establecidos, aunque tendrán la limitante de que la ropa primero se remojará en los primeros 16 minutos del primer ciclo de lavado y en el segundo ciclo es donde se agregará el jabón de las diferentes pruebas. Las pruebas se acoplarán a estos tiempos.

3.9.1.6. Desinfectante

Este insumo se eliminara por completo en todas las pruebas debido a que no es para uso de ropa. El desinfectante únicamente genera que en las pruebas fisicoquímicas sanitarias que el parámetro del color se amplíe.

3.9.1.7. Detergente clorado al 16 por ciento

Al utilizar el detergente clorado al 16 por ciento siguiendo las indicaciones del proveedor. Está indicación sería 4 libras de detergente por cada 100 libras de ropa sucia, al observar los datos cuantitativos del registro de operación nos indica valores que sobrepasan o se quedan bajo está indicación. El costo es de 3,40 quetzales por libra.

3.9.1.8. Cloro

Se utilizará el cloro blanqueador desinfectante al 5 por ciento el proveedor es Distribuidora Internacional, sociedad anónima. Las indicaciones de este proveedor son de 240 mililitros de cloro al 5 por ciento por cada 200 libras de ropa. El costo es de 5,90 quetzales por litro.

3.9.1.9. Incrementador

Para el incrementador utilizado actualmente se siguen las indicaciones del proveedor, esperando obtener el resultado deseado que es ropa limpia. Está indicación sería 2 libras de incrementador por cada 100 libras de ropa sucia, al observar los datos cuantitativos de la sección 3.8.1, el registro de operación nos indica valores que sobrepasan está indicación. El costo de este es de 3,30 quetzales por libra.

3.10. Establecimiento de medidas adecuadas entre lavadas y los distintos insumos a utilizar en prueba piloto

Se realizaran tres pruebas piloto con ropa liviana del proceso de lavandería, estas se realizaran en la lavadora marca Washex, modelo 4 676

Fla-Pz y con capacidad ideal para 480 libras de las cuales solamente se usan con capacidad real de 400 libras. Como se observa a continuación todos los costos de las pruebas anteriores no sobrepasan el costo de materiales establecido en la sección 2.8 el cual es el costo actual.

- Prueba 1: 8 libras de jabón en polvo 1, 960 mililitros de cloro y 8 libras de incrementador. Con un costo de 0,13 quetzales por libra.
- Prueba 2: 12 libras de jabón en polvo 2 y 960 mililitros de cloro. La prueba tiene un costo de 0,18 quetzales por libra.
- Prueba 3: 8 libras de jabón en polvo 3 y 480 mililitros de cloro. La prueba tiene un costo de 0,11 quetzales por libra.
- Prueba 4: 2 400 mililitros de jabón líquido y 480 mililitros de cloro. La prueba tiene un costo de 0,12 quetzales por libra.

3.11. Nuevo volumen de desechos generados

La cantidad de agua mínima utilizada durante un día de lavado de ropa liviana es de las dos lavadoras Washex 118,7 litros por desagüe x 2 desagües x 6 veces por día es igual a 1 424,40 litros al día, mientras las tres lavadoras Renzacci utilizan 32,175 litros por desagüe x 2 desagües x 12 veces por día es igual a 772,20 litros por día y la lavadora Braun 115,50 litros por desagüe x 2 desagües x 2 veces por día es igual a 462,00 litros por día. Teniendo así un total de 2 658,60 litros por día para ropa liviana.

La cantidad de agua mínima utilizada durante un día de lavado de ropa pesada es de las dos lavadoras Washex 118,7 litros por desagüe x 2 desagües x 5 veces al día es igual a 1 187,0 litros por día y la lavadora Braun 115,50 litros por desagüe x 2 desagües x 3 veces al día es igual a 693,0 litros por día. Teniendo así un total de 1 880,00 litros al día para ropa pesada. Es importante

denotar que estas son las cantidades mínimas de agua a utilizar en el proceso de lavandería del hospital puesto que cuando el volumen de ropa sucia sube este consumo también aumenta proporcionalmente.

Se tiene entonces un volumen de 1 556 589,00 litros por año. Obteniendo un 20,40 por ciento en reducción de volumen de agua residuales además de las reducciones a los parámetros fisicoquímicos sanitarios de las 4 pruebas las cuales se discuten en la sección 4.1.

3.12. Análisis financiero

Para el análisis financiero de la propuesta se debe considerar el resumen de costos y beneficios obtenidos a través de la propuesta planteada según los resultados de las pruebas realizadas.

Figura 13. Estado de costo de producción actual

| ESTADO DE COSTO DE PRODUCCION ANUAL | | | | | |
|---|-------------|---------------------------|---------------|------------------|-----------------|
| AREA DE LAVANDERÍA | | | | | |
| HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS | | | | | |
| | Costo/libra | Libras de ropa trimestral | Costo mensual | Costo Trimestral | Costo anual |
| Mano de Obra Directa | | | | | |
| Sueldo | | | Q 110,400.00 | Q 331,200.00 | Q 1,324,800.00 |
| Prestaciones | | | Q 33,120.00 | Q 99,360.00 | Q 397,440.00 |
| Total Mano de obra Directa | | | | Q 430,560.00 | Q 1,722,240.00 |
| Materias primas | | | | | Q - |
| Detergente | Q 0.06 | 627770 | | Q 37,126.04 | Q 148,504.16 |
| Detergente con cloro | Q 0.07 | 627770 | | Q 46,399.80 | Q 185,599.20 |
| Desinfectante | Q 0.01 | 627770 | | Q 4,933.95 | Q 19,735.80 |
| Incrementador | Q 0.03 | 627770 | | Q 18,466.80 | Q 73,867.20 |
| Total Materias Primas | | | | Q 106,926.59 | Q 427,706.36 |
| Costo Primo | | | | Q 537,486.59 | Q 2,149,946.36 |
| Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | |
| Energía eléctrica | Q 0.002057 | 627770 | | Q 1,291.32 | Q 5,165.29 |
| Combustibles | Q 3.20 | 627770 | | Q 2,008,864.00 | Q 8,035,456.00 |
| Reactivos Planta tratamiento | | | | | Q 100,000.00 |
| Total Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | Q 8,140,621.29 |
| Costo Producción | | | | Q 537,486.59 | Q 10,290,567.65 |
| Costo Producción/ Libra | | | | | Q 16.39 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Estado de costo de producción propuesta 1**

| ESTADO DE COSTO DE PRODUCCIÓN PROPUESTA 1 | | | | | |
|---|-------------|--------|---------------|------------------|-----------------|
| AREA DE LAVANDERÍA | | | | | |
| HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS | | | | | |
| | Costo/libra | libras | Costo mensual | Costo Trimestral | Costo anual |
| Mano de Obra Directa | | | | | |
| Sueldo | | | Q 110,400.00 | Q 331,200.00 | Q 1,324,800.00 |
| Prestaciones | | | Q 33,120.00 | Q 99,360.00 | Q 397,440.00 |
| Total Mano de obra Directa | | | | Q 430,560.00 | Q 1,722,240.00 |
| Materias primas | | | | | |
| Propuesta 1 | | | | | Q 335,882.06 |
| Costo Primo | | | | | Q 2,058,122.06 |
| Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | |
| Energía eléctrica | Q 0.002057 | 627770 | | Q 1,291.32 | Q 5,165.29 |
| Combustibles | Q 3.20 | 627770 | | Q 2,008,864.00 | Q 8,035,456.00 |
| Reactivos Planta tratamiento | | | | | Q 66,875.00 |
| Total Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | Q 8,107,496.29 |
| Costo Producción | | | | | Q 10,165,618.35 |
| Costo Producción/libra | | | | | Q 16.19 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Estado de costo de producción propuesta 2**

| ESTADO DE COSTO DE PRODUCCIÓN PROPUESTA 2 | | | | | |
|---|-------------|--------|---------------|------------------|-----------------|
| AREA DE LAVANDERÍA | | | | | |
| HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS | | | | | |
| | Costo/libra | libras | Costo mensual | Costo Trimestral | Costo anual |
| Mano de Obra Directa | | | | | |
| Sueldo | | | Q 110,400.00 | Q 331,200.00 | Q 1,324,800.00 |
| Prestaciones | | | Q 33,120.00 | Q 99,360.00 | Q 397,440.00 |
| Total Mano de obra Directa | | | | Q 430,560.00 | Q 1,722,240.00 |
| Materias primas | | | | | |
| Propuesta 2 | | | | | Q 442,351.85 |
| Costo Primo | | | | | Q 2,164,591.85 |
| Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | |
| Energía eléctrica | Q 0.002057 | 627770 | | Q 1,291.32 | Q 5,165.29 |
| Combustibles | Q 3.20 | 627770 | | Q 2,008,864.00 | Q 8,035,456.00 |
| Reactivos Planta tratamiento | | | | | Q 57,500.00 |
| Total Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | Q 8,098,121.29 |
| Costo Producción | | | | | Q 10,262,713.14 |
| Costo Producción/libra | | | | | Q 16.35 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Estado de costo de producción propuesta 3**

| ESTADO DE COSTO DE PRODUCCIÓN PROPUESTA 3 | | | | | |
|---|-------------|--------|---------------|------------------|-----------------|
| AREA DE LAVANDERÍA | | | | | |
| HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS | | | | | |
| | Costo/libra | libras | Costo mensual | Costo Trimestral | Costo anual |
| Mano de Obra Directa | | | | | |
| Sueldo | | | Q 110,400.00 | Q 331,200.00 | Q 1,324,800.00 |
| Prestaciones | | | Q 33,120.00 | Q 99,360.00 | Q 397,440.00 |
| Total Mano de obra Directa | | | | Q 430,560.00 | Q 1,722,240.00 |
| Materias primas | | | | | |
| Propuesta 3 | | | | | Q 296,709.21 |
| Costo Primo | | | | | Q 2,018,949.21 |
| Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | |
| Energía eléctrica | Q 0.002057 | 627770 | | Q 1,291.32 | Q 5,165.29 |
| Combustibles | Q 3.20 | 627770 | | Q 2,008,864.00 | Q 8,035,456.00 |
| Reactivos Planta tratamiento | | | | | Q 51,250.00 |
| Total Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | Q 8,091,871.29 |
| Costo Producción | | | | | Q 10,110,820.50 |
| Costo Producción/libra | | | | | Q 16.11 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Estado de costo de producción propuesta 4**

| ESTADO DE COSTO DE PRODUCCIÓN PROPUESTA 4 | | | | | |
|---|-------------|--------|---------------|------------------|-----------------|
| AREA DE LAVANDERÍA | | | | | |
| HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS | | | | | |
| | Costo/libra | libras | Costo mensual | Costo Trimestral | Costo anual |
| Mano de Obra Directa | | | | | |
| Sueldo | | | Q 110,400.00 | Q 331,200.00 | Q 1,324,800.00 |
| Prestaciones | | | Q 33,120.00 | Q 99,360.00 | Q 397,440.00 |
| Total Mano de obra Directa | | | | Q 430,560.00 | Q 1,722,240.00 |
| Materias primas | | | | | |
| Propuesta 4 | | | | | Q 314,286.77 |
| Costo Primo | | | | | Q 2,036,526.77 |
| Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | |
| Energía eléctrica | Q 0.002057 | 627770 | | Q 1,291.32 | Q 5,165.29 |
| Combustibles | Q 3.20 | 627770 | | Q 2,008,864.00 | Q 8,035,456.00 |
| Reactivos Planta tratamiento | | | | | Q 31,250.00 |
| Total Gastos Indirectos de Fabricación | | | | | Q 8,071,871.29 |
| Costo Producción | | | | | Q 10,108,398.06 |
| Costo Producción/libra | | | | | Q 16.10 |

Fuente: elaboración propia.

De los costos de producción proyectados con anterioridad para las distintas formulaciones propuestas, notamos que existe un ahorro por cada libra lavada, en función de la propuesta de variar la formulación actual de materias primas utilizadas dentro del proceso (detergentes, cloro, incrementador) lo cual provoca un impacto en la reducción de contaminantes provocando que el desecho líquido a tratar al final del proceso, disminuya en un determinado porcentaje su demanda bioquímica de oxígeno (DBO) dada la reducción en la cantidad de fosfatos, nitratos, cloruros, con respecto al método actual. Obteniendo en consecuencia una Producción más Limpia asociado a la reducción de costos de tratamiento de la misma.

Por lo que se procederá a calcular el beneficio económico de la propuesta número 4, ya que la misma tiene un mayor impacto en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno siendo equivalente al 68,75 por ciento; lo cual impactará además en la reducción de costos de producción asociados a la planta de tratamiento de aguas residuales al final del proceso, por concepto de reactivos, contribuyendo a una Producción más Limpia dentro del proceso, versus los costos asociados al tratamiento del desecho líquido en la planta de tratamiento al final del mismo como lo es actualmente.

A través del análisis económico anterior podemos deducir el costo beneficio que se obtiene de implementar alguna de las propuestas planteadas, siendo el beneficio la reducción de cantidad de demanda química de oxígeno del desecho líquido resultante del proceso de lavado, contribuyendo en la obtención de una Producción más Limpia, versus los costos necesarios de realizar los cambios en las materias primas utilizadas actualmente dentro de dicho proceso. Sin embargo se debe realizar el flujo de efectivo a fin de elegir la mejor opción y que exista un equilibrio apropiado en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno y el beneficio económico del mismo.

Figura 18. **Comparación de las propuestas versus reducción de DBO del desecho líquido**

| Propuesta 1 | rendimiento | Libras ropa | Costo unitario | Costo Trimestral | Costo Anual | Demanda Bioquímica de Oxígeno ppm | %reduccion DBO |
|------------------|-------------|-------------|----------------|------------------|--------------|-----------------------------------|----------------|
| Jabón en polvo 1 | 0.02 | 627770 | Q 2.88 | Q 33,648.47 | Q 134,593.89 | | |
| Cloro | 0.0024 | 627770 | Q 5.90 | Q 8,889.22 | Q 35,556.89 | | |
| Incrementador | 0.02 | 627770 | Q 3.30 | Q 41,432.82 | Q 165,731.28 | | |
| Total | | | | | Q 335,882.06 | 107 | 33.13% |
| Propuesta 2 | rendimiento | Libras ropa | Costo unitario | Costo Trimestral | Costo Anual | | |
| Jabón en polvo 2 | 0.03 | 627770 | Q 5.40 | Q 101,698.74 | Q 406,794.96 | | |
| Cloro | 0.0024 | 627770 | Q 5.90 | Q 8,889.22 | Q 35,556.89 | | |
| Total | | | | | Q 442,351.85 | 92 | 42.50% |
| Propuesta 3 | rendimiento | Libras ropa | Costo unitario | Costo Trimestral | Costo Anual | | |
| Jabón en polvo 3 | 0.02 | 627770 | Q 5.20 | Q 65,288.08 | Q 261,152.32 | | |
| Cloro | 0.0024 | 627770 | Q 5.90 | Q 8,889.22 | Q 35,556.89 | | |
| Total | | | | | Q 296,709.21 | 82 | 48.75% |
| Propuesta 4 | rendimiento | Libras ropa | Costo unitario | Costo Trimestral | Costo Anual | | |
| Jabón líquido | 0.008 | 627770 | Q 18.50 | Q 69,682.47 | Q 278,729.88 | | |
| Cloro | 0.0024 | 627770 | Q 5.90 | Q 8,889.22 | Q 35,556.89 | | |
| Total | | | | | Q 314,286.77 | 50 | 68.75% |

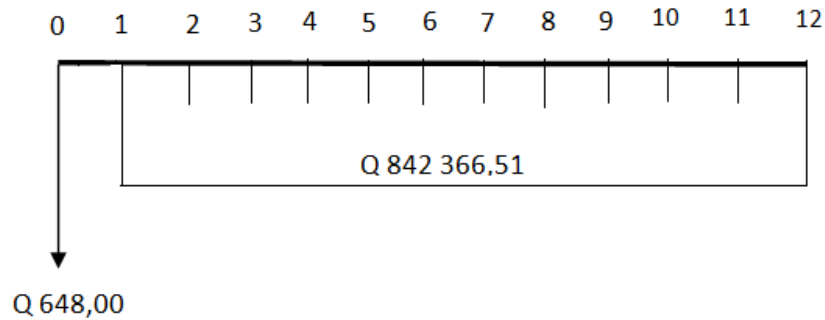
Fuente: elaboración propia.

3.12.1. VAN

Por tratarse de una institución de carácter público donde toda inversión es de carácter estatal en beneficio a la sociedad, para cualquier política que se desee implementar en el Hospital General San Juan de Dios, el cálculo del Valor Actual Neto, resultaría en un valor negativo, ya que todo flujo de efectivo reflejaría una inversión inicial para implementar el proyecto, así como un costo de operación para mantener dicho proyecto en funcionamiento, siendo el beneficio la mejora de condiciones ambientales para cada uno de los usuarios o pacientes del Hospital General San Juan de Dios. Para evaluar dicho proyecto entonces el parámetro más apropiado es el costo actual neto del proyecto, el cual será analizado para un período de un año.

Al ser un proyecto social, el mismo debe ser evaluado a través de una tasa social de descuento, la cual para proyectos implementados estatalmente en Guatemala, es del 12 por ciento anual. Ver anexo 5.

Figura 19. **Diagrama flujo de efectivo de la propuesta de Producción más Limpia**



n= 12 meses

i= tasa social de descuento: 1 por ciento efectivo mensual.

Fuente: elaboración propia.

El flujo anterior se refiere al proyecto de implementar la propuesta No. 4, ya que según el indicador DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) es la alternativa óptima ya que a partir de la misma obtenemos una reducción significativa de la contaminación generada actualmente al menor costo. Dicho flujo representa la inversión inicial necesaria para implementar el proyecto, así como los costos de operación mensual, considerando para ello: costo de mano de obra, costo de materiales y otros gastos indirectos de fabricación. Ver figura 17.

La propuesta No. 4 consiste en la utilización de detergente “Mas Color” con efecto Renovador el proveedor es Henkel La Luz, sociedad anónima. Las indicaciones son de 600 mililitros de jabón líquido por cada 100 libras de ropa.

El costo es de 18,50 quetzales por litro. El detergente no contiene fosfatos, así como la utilización de cloro blanqueador desinfectante al 5 por ciento cuyo proveedor es Distribuidora Internacional, sociedad anónima utilizando 240 mililitros de cloro al 5 por ciento por cada 100 libras de ropa.

El costo de inversión inicial se obtuvo de la sumatoria de los costos que representó realizar las distintas pruebas de las formulaciones propuestas; el costo de operación de Producción más Limpia, se analiza en función del ya existente al final del proceso (planta de tratamiento).

Para el cálculo del costo actual neto se utilizará la siguiente fórmula:

$$C_{\text{actual neto}} = R * [(1+i)^n - 1] / [i * (1+i)^n] + I_0$$

Donde:

- C= Costo actual neto
- R= Valor constante del flujo de inversión
- i= Tasa social de descuento
- I₀= Inversión inicial

- Cálculo del costo actual neto

$$C_{\text{actual neto}} = 842\,366,51 * [(1,01)^{12} - 1] / [0,01 * (1,01)^{12}] + 648,00$$

$$C_{\text{actual neto}} = 9\,481\,548,33 \text{ quetzales}$$

3.12.2. TIR

Por tratarse de un proyecto social, el resultado del cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) daría origen a una tasa negativa; dado que la tasa a la que interesa evaluar los proyectos de tipo social, es la tasa social de descuento, que para las condiciones económicas de Guatemala, normalmente es del 12 por ciento anual. Ver anexo 5.

3.12.3. Relación Beneficio-Costo

Dado que se desea evaluar un proyecto social, los beneficios obtenidos en función del costo actual del proyecto, no son de carácter económico, sino que éstos buscan mejorar las condiciones de las personas a quienes va dirigido el proyecto. Cuando no es posible expresar los beneficios de un proyecto en términos monetarios, se aplica el denominado análisis costo-efectividad. El objetivo de éste es determinar el logro de los objetivos deseados al mínimo costo (es decir más eficientemente).

En general, el análisis costo-efectividad, utiliza el indicador costo por beneficiario.

$$C/U = VAC / \text{beneficiarios}$$

Donde:

C/U = Costo por beneficiario

VAC = Costo anualizado del proyecto

Beneficiarios = Cantidad de beneficiados con la implementación del proyecto

- Cálculo del indicador costo por usuario:

Para ello necesitaremos convertir el costo actual del proyecto en una renta equivalente para un período de un año, sabiendo que el total de beneficiados, son un promedio de 20 000 usuarios/mes. Ver anexo 4. La tasa social de descuento es del 1 por ciento mensual para un período de evaluación de 12 meses.

$$C/U = VAC / \text{beneficiarios}$$

$$C / U = C_{\text{actual neto}} [i * (1+i)^n] / [(1+i)^n - 1] / \text{beneficiarios}$$

$$C / U = (9\,481\,548,33 [0.01 * (1.01)^{12}] / [(1.01)^{12} - 1]) / 272,663$$

$$C / U = Q\,842\,424,08 / 20,000 \text{ usuarios}$$

$$C / U = Q\,42,12 \text{ usuarios}$$

Lo anterior nos indica que el costo de efectividad del proyecto es de 42,12 quetzales por paciente, en ésta proporción se distribuye el costo del proyecto hacia la sociedad.

- Análisis de impacto de cada alternativa

La eficiencia en la generación de beneficios de un proyecto social no indica efectividad en el logro de sus objetivos de impacto. Para ello se deben determinar las metas de impacto que se desean alcanzar y la ponderación o peso que tengan dentro del proceso, así para efectos de Producción más Limpia, el objetivo principal es reducir el índice DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) del desecho líquido resultante; por lo que se le asignará una ponderación del 90 por ciento, por el grado de importancia que se desea al evaluar si el proyecto cumple con dicho fin.

Entonces:

OB1= Reducción del indicador DBO del desecho líquido (p1 = 0,90)

Impacto ponderado OB1 = 68,75 * 0,90 = 61,875 por ciento

Ya que este porcentaje (68,75 por ciento), es en el que se logra reducir el DBO, al implementar la propuesta No.4. Ver figura 18

- Cálculo de la relación costo-impacto

Es el costo que hay que afrontar en cada alternativa para lograr una unidad relativa de impacto en cada objetivo.

$$\text{CUI} = \text{VAC} / (\text{OB} * 100)$$

Donde:

CUI = Relación costo impacto

VAC = Costo uniforme del proyecto para un año

OB= Porcentaje de reducción

Entonces:

$$\text{CUI}_{\text{OB1}} = \text{Q } 842\,424,08 / (0,61875 * 100)$$

$$\text{CUI}_{\text{OB1}} = \text{Q } 13\,614 / \text{unidad porcentual de DBO}$$

Lo anterior refleja que por cada unidad porcentual que se desee reducir el indicador Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), parámetro de Producción más Limpia, se requiere invertir Q 13 614.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

En este capítulo se describen las pruebas piloto realizadas en la aplicación de Producción más Limpia, así como las conclusiones de las mismas las cuales a continuación se implementan. Se describen las modificaciones a los procedimientos de operación. Así mismo, se incluyen los costos nuevos de la implementación realizada.

4.1. Pruebas piloto de medidas

En el capítulo anterior en la sección 3.10 se describen las cuatro pruebas a realizar, de las cuales posteriormente en la sección 3.12 se le realizó el análisis financiero, a continuación se procede a realizar el análisis ambiental de estas pruebas y por último se implementa la medida de Producción más Limpia seleccionada.

4.1.1. Monitoreo de agua residual

Primero se procedió a realizar los procesos con las diversas materias primas descritas en la sección 3.9 luego se monitoreo el agua residual por medio del siguiente procedimiento: se lavo el galón plástico cuatro veces con el agua residual posteriormente se lleno este y luego se refrigero a 5 grados centígrados para su posterior análisis fisicoquímico de aguas residuales de origen doméstico y/o desechos industriales en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

4.1.2. Análisis de prueba piloto

Los análisis de las pruebas pilotos dieron como resultado los siguientes parámetros fisicoquímicos de aguas residuales. Estos parámetros se obtuvieron habiéndose realizado un análisis fisicoquímico de las aguas residuales por el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala los resultados se encuentran en los anexos.

Tabla XVIII. **Parámetros fisicoquímico sanitarios de las pruebas piloto para la aplicación de Producción más Limpia**

| Parámetro | Prueba No.1 | Prueba No.2 | Prueba No.3 | Prueba No. 4 | Proceso Actual |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------|
| Nitratos (ppm) | 75,00 | 55,00 | 58,00 | 62,00 | 80,00 |
| Nitritos (ppm) | 0,106 | 0,090 | 0,087 | 0,010 | 0,296 |
| Fosfatos (ppm) | 30,00 | 11,40 | 27,60 | 11,00 | 35,00 |
| Color (unidades de color) | 170,00 | 130,00 | 150,00 | 50,00 | 325,00 |
| pH (unidades de pH) | 9,08 | 9,10 | 9,04 | 8,07 | 9,08 |
| DBO (ppm) | 107,00 | 92,00 | 82,00 | 50,00 | 160,00 |
| DQO (ppm) | 228,00 | 201,00 | 199,00 | 196,00 | 236,00 |

Fuente: elaboración propia.

De la tabla XVIII se denota que en todos los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de las pruebas pilotos disminuyen respecto al proceso actual, pero los valores que más nos interesan son los nitratos, nitritos, fosfatos y DBO. La mayor disminución en estos parámetros lo presenta la prueba 4.

La prueba 4 es la mejor opción por ser la que genera una mayor reducción en el impacto al medio ambiente generada por el proceso. Aunque es de hacer notar que la prueba 1 que solamente es un arreglo a las medidas utilizadas actualmente también presenta una disminución significativa.

4.1.3. Conclusiones de prueba piloto

Las conclusiones de las pruebas piloto son las siguientes: la prueba a implementar es la 4 puesto que reduce respecto al proceso actual en 22,50 por ciento los nitratos, 96,62 por ciento los nitritos, 68,57 por ciento los fosfatos, 84,62 por ciento el color, en un 68,75 por ciento la demanda bioquímica de oxígeno y en 16,95 por ciento la demanda química de oxígeno.

La prueba 2 y 3 presentan una mayor disminución en los nitratos que la prueba 4, pero al mirarse todos los parámetros fisicoquímicos la prueba 4 es la que representa la mejor disminución con respecto a todos los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del proceso de lavandería, representando así un impacto ambiental positivo.

Además de ser la mejor opción financiera según la sección 3.12. Esta opción impacta de factiblemente sobre los tres ejes de la Producción más Limpia de esta manera es la opción que genera la viabilidad necesaria para ser ejecutada.

4.2. Implementación de medidas para la materia prima

Las materias primas del proceso de lavado son los únicos responsables de la elevación de los parámetros fisicoquímicos en las aguas residuales. Se deberá implementar las siguientes medidas para la materia prima.

4.2.1. Detergente

Se utilizará el detergente Más Color con efecto Renovador el proveedor es Henkel La Luz, sociedad anónima. Las indicaciones de este proveedor son de 600 mililitros de jabón líquido por cada 100 libras de ropa. El costo es de 18,50 quetzales por litro. El detergente es biodegradable en ambientes acuáticos y terrestres bajo condiciones aerobias. Además no contiene fosfatos.

4.2.2. Incrementador

El incrementador como materia prima se eliminara puesto que solamente contribuye a generar más nitratos, nitritos y fosfatos. Siendo así, que el incrementador deja de ser un insumo del proceso de lavandería.

4.2.3. Cloro

Se utilizará el cloro blanqueador desinfectante al 5 por ciento el proveedor es Distribuidora Internacional, sociedad anónima. Las indicaciones de este proveedor son de 240 mililitros de cloro al 5 por ciento por cada 100 libras de ropa. El costo es de 5,90 quetzales por litro. Se prefiere utilizar cloro líquido en relación al detergente clorado debido a que el primero es más efectivo en su poder blanqueador.

4.2.4. Desinfectante

El desinfectante como materia prima se eliminara puesto que solamente contribuye a incrementar el color, además que esta no es su funcionalidad. Siendo así, que deja de ser un insumo del proceso de lavandería.

4.2.5. Energía

En la energía se espera una disminución del 25 por ciento en su uso puesto que se realizaron cambios como se definen en la siguiente sección. La búsqueda de este ahorro se debe a la alta demanda de energía que posee el proceso de lavandería.

4.3. Definir procedimientos de mejora en el proceso de lavandería

Los procedimientos de mejora en el proceso de lavandería se describen en las tablas XIX y XX es importante hacer denotar que de tres procedimientos que se poseían el proceso pasan hacer dos por la aplicación de Producción más Limpia permitiendo a la vez un mejor manejo sobre las materias primas. Las tareas de los trabajadores quedan siendo las mismas el único cambio radica en que ellos no tendrían porque entrar en contacto con la lavadora desde que esta comience su proceso hasta que lo finalice. Además de debe hacerles el reparo en las nuevas medidas de materia prima a utilizar.

Tabla XIX. **Procedimiento de lavado para ropa liviana**

| Paso | Procedimiento | Duración (minutos) |
|-------|-------------------------------------|--------------------|
| 1 | Desaguado | 2 |
| 2 | Lavado en frío y con jabón líquido | 4 |
| 3 | Dejar reposar | 10 |
| 4 | Lavado en vapor y se le añade cloro | 14 |
| 5 | Desaguado | 5 |
| 6 | Extractado | 10 |
| Total | | 45 |

Fuente: elaboración propia.

De la tabla XIX se tiene como cambio más grande no desaguar primero sino que se procede a dejar reposar un rato, además el proceso llevaría el mismo tiempo pero con la importante diferencia de ahorrar agua y materia prima. El reposo de la ropa con jabón líquido es importante puesto que esto mejora la acción de limpieza de este.

Tabla XX. **Procedimiento de lavado para ropa pesada**

| Paso | Procedimiento | Duración (minutos) |
|-------|-------------------------------------|--------------------|
| 1 | Desaguado | 5 |
| 2 | Lavado en frío y con jabón líquido | 12 |
| 3 | Dejar en reposo | 25 |
| 4 | Desaguado | 13 |
| 5 | Lavado en vapor y se le añade cloro | 25 |
| 6 | Extractado | 10 |
| Total | | 90 |

Fuente: elaboración propia.

4.4. Costo nuevo

En los costos los únicos cambios se llevan a cabo en los rubros de energía eléctrica, así como el de materia prima, por lo que quedan de la siguiente manera: el costo de energía es igual a 0,001543 quetzales por libra y el costo de la materia prima como 0,12 quetzales por libra. De la sección 2.9 vienen dado el resto de costos para el cálculo del costo total nuevo.

Costo Nuevo = costo de electricidad + costo de diesel + costo de mano de obra
+ costo de materiales

Costo Nuevo = 0,001543 + 2,40 + 0,8387 + 0,12 = 3,36 quetzales por libra.

4.5. Cronograma de actividades

Se procedió a capacitar en el tema y con la implementación de las medidas de Producción más Limpia a los trabajadores del hospital. El grupo se dividió en cinco grupos la cual se impartió de 8 a 12 horas los primeros cuatro se realizaron con los trabajadores del proceso de lavandería aprovechándolos para capacitarlos también en el tema de seguridad e higiene industrial con los cambios. El último grupo fue el administrativo.

Con esto se sensibilizo al personal administrativo y operativo respecto a los efectos económicos para la empresa y perjudiciales para el ambiente, ocasionados por los procesos poco ecológicos e ineficientes. Además al jefe de lavandería se le capacito en la aplicación de Producción más Limpia en el proceso de lavandería, para hacerlo un proceso continuo.

4.6. Beneficios obtenidos por las medidas de Producción más Limpia

A continuación se habla de los beneficios obtenidos por las medidas de Producción más Limpia en materia de seguridad e higiene industrial y en mantenimiento industrial.

4.6.1. Seguridad e higiene industrial

La Producción más Limpia se encuentra estrechamente relacionada con la gestión de salud y seguridad de la compañía. La aplicación de Producción más Limpia resulta en condiciones laborales mejoradas y ayuda a reducir accidentes de trabajo y la aparición de padecimientos profesionales.

Tabla XXI. **Costos directos**

| Tipo | Cantidad | Costo Unitario (Q) | Costo Total (Q) |
|-------------------------------|----------|-----------------------|--------------------|
| Tapones de Silicón con Cordón | 51 | 20,00 | 1 020,00 |
| Monogáfas | 16 | 20,00 | 320,00 |
| Mascarillas Especiales | 16 | 170,00 | 2 720,00 |
| Guates Clasificado | 16 | 48,00 | 768,00 |
| Guantes Secado | 4 | 85,00 | 340,00 |
| Guantes Clínicos | 2 | 55,00 | 110,00 |
| Extintores ABC | 2 | 288,36 | 576,72 |
| TOTAL | | | 5 854,72 |

Fuente: elaboración propia.

De la tabla XXI se obtienen los costos directos actuales los cuales se verán reducidos debido a que la implementación de Producción más Limpia también contara con que al equipo de lavadoras actual se le pongan dispensadores de materia prima para el jabón líquido y cloro al 5 por ciento evitando así el exceso de contacto con la materia prima. Además que su almacenamiento se mejora debido a que las materias primas vienen en toneles evitando el contacto de estos directamente con el aire. La implementación de los dispensadores en las lavadoras ayudara también a tener un mejor control en las materias primas.

4.6.2. Mantenimiento preventivo y correctivo

El mantenimiento preventivo de lavadoras y secadoras del capítulo 2 es el adecuado para mantener a las máquinas del proceso de lavandería en buen estado. La implementación de la Producción más Limpia vendría a repercutir en el mantenimiento correctivo, puesto que las materias primas anteriores

provocaban obstrucciones en los drenajes además de incrustaciones en el equipo. Al implementar las medidas este costo disminuirá radicalmente con el tiempo y si se sigue el plan de mejora continua con el plan de mantenimiento preventivo bastara para que no existan paros innecesarios en el proceso como pasaba anteriormente.

5. SEGUIMIENTO DE LAS MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

A continuación se describe el monitoreo constante que se le debe dar a las medidas implementadas de Producción más Limpia para evaluar su efectividad. El hospital debe implementar un programa de seguimiento de las medidas de Producción más Limpia para optimizar sus procesos y hacer uso más eficiente de los recursos con que se dispone en un momento dado, desde un punto de vista gerencial y operativo se pueden lograr de manera efectiva y eficiente la implementación la cual podemos tener los siguientes componentes:

- Cultura de la planta
- Valores, conocimientos y habilidades
- Indicadores de desempeño y evaluación de resultados

5.1. Estándares máximos y mínimos a cumplir

Los estándares son enunciados que establecen criterios claros, sencillos y medibles, a continuación se establecerán sus límites máximos y mínimos a cumplir de las materias primas.

5.1.1. Parámetros fisicoquímicos del agua

Los parámetros fisicoquímicos sanitarios se fijaran de acuerdo al reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, según el artículo 17 del modelo de reducción progresiva de cargas de demanda bioquímica de oxígeno.

Los entes generadores existentes deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descarguen a un cuerpo receptor, conforme a los valores y etapas de cumplimiento de la figura 22.

Tabla XXII. **Modelo de reducción progresiva de cargas de demanda bioquímica de oxígeno**

| | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| Etapa | UNO | | | | |
| Fecha máxima de cumplimiento | Dos de mayo de dos mil once | | | | |
| Duración años | 5 | | | | |
| Carga kilogramos por día | 3 000<EG<6 000 | 6 000<EG<12 000 | 12 000<EG<25 000 | 25 000<EG<50 000 | 50 000<EG<250 000 |
| Reducción Porcentual | 10 | 20 | 30 | 35 | 50 |
| Etapa | DOS | | | | |
| Duración años | 4 | | | | |
| Fecha máxima de cumplimiento | Dos de mayo de dos mil quince | | | | |
| Carga kilogramos por día | 3 000<EG<5 500 | 5 500<EG<10 000 | 10 000<EG<30 000 | 30 000<EG<50 000 | 50 000<EG<125 000 |
| Reducción Porcentual | 10 | 20 | 40 | 45 | 50 |

Fuente: elaboración propia.

Para efectos de la aplicación del presente modelo, el valor inicial de descarga estará determinado en el estudio técnico. Dicho valor inicial, se refiere a la carga expresada en kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno. Para los porcentajes de reducción de la etapa uno, se utilizará el valor inicial de descarga del estudio técnico y para cada una de las etapas siguientes, la carga inicial será el resultado obtenido de la reducción porcentual de la etapa anterior.

Dicho estudio técnico ya se encuentra realizado en el Hospital General de San Juan de Dios debido a la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales por lo que se facilita el trabajo de la aplicación de Producción más Limpia. Para la descarga de las aguas residuales hacia un alcantarillado público, se deberá cumplir con los límites máximos permisibles de conformidad con las etapas de cumplimiento correspondientes establecidos en la figura 23.

Tabla XXIII. **Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores**

| Parámetros | Dimensionales | Valores iniciales | Fecha máxima de cumplimiento | | | |
|------------------------|--|----------------------|--------------------------------------|--|--|---|
| | | | Dos de mayo de dos mil once | Dos de mayo de dos mil quince | Dos de mayo de dos mil veinte | Dos de mayo de dos mil veinticuatro |
| | | | Etapa | | | |
| | | | Uno | Dos | Tres | Cuatro |
| Temperatura | Grados Celsius | TCR +/-7 | TCR +/-7 | TCR +/-7 | TCR +/-7 | TCR +/-7 |
| Grasas y aceites | Miligramos por litro | 1500 | 100 | 50 | 25 | 10 |
| Material flotante | Ausencia/presencia | Presente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| Sólidos suspendidos | Miligramos por litro | 3500 | 600 | 400 | 150 | 100 |
| Nitrógeno total | Miligramos por litro | 1400 | 100 | 50 | 25 | 20 |
| Fósforo total | Miligramos por litro | 700 | 75 | 30 | 15 | 10 |
| Potencial de hidrógeno | Unidades de potencial de hidrógeno | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 |
| Coliformes fecales | Número más probable en cien mililitros | < 1x10 ⁵ | < 1x10 ⁵ | < 1x10 ⁵ | < 1x10 ⁴ | < 1x10 ⁴ |
| Arsénico | Miligramos por litro | 1 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Cadmio | Miligramos por litro | 1 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Cianuro total | Miligramos por litro | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Cobre | Miligramos por litro | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Cromo hexavalente | Miligramos por litro | 1 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Mercurio | Miligramos por litro | 0,1 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| Níquel | Miligramos por litro | 6 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| Plomo | Miligramos por litro | 4 | 1 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Zinc | Miligramos por litro | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Color | Unidades platino cobalto | 1500 | 1300 | 1000 | 750 | 500 |

Fuente: elaboración propia.

Los parámetros fisicoquímicos sanitarios anteriores son los máximos a respetar y con los que se debe buscar cumplir por etapas, con los que luego de la implementación de las pruebas realizadas de Producción más Limpia se cumple. La temperatura hace referencia a la temperatura del cuerpo receptor (TCR).

5.1.2. Jabón a consumir por libra de ropa lavada

Se tendrá como límite máximo 2 600 mililitros y mínimo de 2 400 mililitros de Jabón líquido en las lavadoras que cargan 400 libras, entonces se tiene como máximo 6,5 mililitros por libra y un mínimo de 6,0 mililitros por libra.

5.1.3. Incrementador a consumir por libra de ropa lavada

El incrementador como materia prima se eliminara puesto que solamente contribuye a generar más nitratos, nitritos y fosfatos. El incrementador se utilizaba debido al bajo poder limpiador del detergente para ropa pesada.

5.1.4. Cloro a consumir por libra de ropa lavada

Se tendrá como límite máximo 500 mililitros y mínimo de 480 mililitros de cloro en las lavadoras que cargan 400 libras, entonces se tiene como máximo 1,25 mililitros por libra y un mínimo de 1,20 mililitros por libra.

5.1.5. Desinfectante a consumir por libra de ropa lavada

El desinfectante como materia prima se eliminara puesto que solamente contribuye al aumento del color, además que esta no es su finalidad el ser utilizado en el proceso de lavandería.

5.2. Monitoreo de las medidas implementadas

El monitoreo de las medidas implementadas es muy importante evaluar la efectividad de las opciones de Producción más Limpia implementadas, indicadores típicos son los siguientes.

5.2.1. Parámetros fisicoquímicos del agua a determinar mensualmente

Según el reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, según el artículo 16 capítulo V. Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son los siguientes: temperatura, potencial de hidrógeno (pH), grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados celsius, demanda química de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, zinc, color y coliformes fecales.

Los anteriores parámetros fisicoquímicos sanitarios se medirán mensualmente por un kit de medición de parámetros fisicoquímicos de aguas marca “Merck” que evalúa estos, además se deberá medir una vez al año por un laboratorio externo y cada vez que se considere necesario. Además se deberá llenar el formato que se encuentra en el apéndice.

5.2.2. Reporte del jabón, desinfectante, incrementador, cloro utilizados y libras lavadas realizadas día a día

Se deberán de llenar dos formatos el primero que se llenará por los trabajadores de lavandería, en el cual indique que máquina utilizo, las libras

lavadas, el jabón utilizado, cloro utilizado además de su nombre. El segundo a utilizar es un reporte diario por el jefe de lavandería del jabón líquido utilizado en litros, del cloro utilizado en litros, además de las libras lavadas. De esta manera se tendrá un mejor control sobre las materias primas.

5.2.2.1. Verificación del cumplimiento de estándares

En los formatos de reporte diario efectuado por el jefe de lavandería se calcularán los insumos utilizados en libras por libra de ropa lavada y se verificará que cumpla con los estándares de las secciones 5.1.2. - 5.1.4, debido a esto también se hace necesario la anotación de alguna observación del proceso.

Además se deberán verificar el cumplimiento de los estándares de la sección 5.1.1, por lo cual en el formato de los parámetros fisicoquímicos del agua residual se tendrá como primera columna los estándares a cumplir para poder verificar el cumplimiento de estos inmediatamente.

5.2.2.1.1. Medidas correctivas en el caso del no cumplimiento de estándares

Como medidas correctivas en el caso del no cumplimiento de estándares en el caso de la materia prima con el formato que llenan los trabajadores de lavandería se puede determinar exactamente quien no está cumpliendo con estos por lo cual se deberá capacitar y se le hará conciencia del impacto al medio ambiente que generan sus acciones.

En caso que no se cumpla con los parámetros fisicoquímicos sanitarios se procederá a realizar pruebas como las anteriores, se procederá a llevarlas a un laboratorio externo en un galón previamente lavado cuatro veces con las mismas aguas residuales de las pruebas y a una temperatura de almacenaje de 5 grados centígrados para luego implementar la medida que sea más conveniente tanto ambientalmente como económicamente. Estas medidas permitirán implementar constantemente técnicas de Producción más Limpia que promuevan la eco-eficiencia en el proceso de lavandería.

5.2.3. Reporte mensual de evaluación de indicadores de desempeño

Debe existir un monitoreo periódico para determinar si los cambios positivos están ocurriendo y si el hospital está progresando hacia sus metas. Entre estas se encuentran la reducción de desechos, reducción de consumo de materiales y la rentabilidad mejorada las cuales se detallan a continuación.

5.2.3.1. Reducción de desechos

La reducción de desechos es algo importante a determinar puesto que siempre se puede seguir mejorando en cuanto a este indicador. El jefe de lavandería será el encargado en recolectar una muestra (un galón) mensualmente de sus aguas negras y enviarla a un laboratorio externo. Los resultados serán analizados por el subgerente de servicios generales para lo cual será necesario que llene las tablas XXII y XXIII.

Tabla XXIV. **Ejemplo reducción de desechos parte I**

| Fecha | Encargado | DBO (ppm) | DQO (ppm) | Fosfatos (ppm) | Nitratos (ppm) | pH | Sólidos Suspendedos (cm ³ /h) |
|----------|------------|-----------|-----------|----------------|----------------|------|--|
| 21/12/11 | Subgerente | 160 | 236 | 35 | 80 | 9,08 | 100 |
| 21/01/12 | Subgerente | 155 | 216 | 20 | 77 | 8,06 | 75 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Ejemplo reducción de desechos parte II**

| Fecha | Encargado | Δ DBO (ppm) | Δ DQO (ppm) | Δ Fosfatos (ppm) | Δ Nitratos (ppm) | Δ pH | Δ Sólidos Suspendedos (cm ³ /h) |
|-----------------------|------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|---|
| 21/12/11- 21/01/12 | Subgerente | 5 | 20 | 15 | 3 | 1,02 | 25,0 |

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXII representa la verificación de la reducción de desechos encaminado hacia la mejora continua, en caso de que no suceda una reducción de desechos se podrán evaluar que cambios en los parámetros nos encaminarían hacia una reducción de estos siempre que exista factibilidad en la evaluación económica y técnica. Las tablas No. XXIV y XXV serán formatos que se llenarán en el hospital mensualmente estos formatos poseen el nombre de reducción de desechos parte I y II.

5.2.3.2. Reducción de consumo de materiales

La reducción de consumo de materiales es un indicador del desempeño de que encuentra funcionando adecuadamente las medidas de Producción más

Limpia, el jefe de lavandería deberá de llenar 2 formatos, el primero es parecido al ya utilizado que se llama registro de operación que es donde se encuentran reportados los materiales utilizados diarios en el proceso de lavandería. El segundo es la diferencia diaria existente de materiales dividido por libra lavada que se realizo este verifica si se utilizo más o menos materia prima. Los dos formatos que se implementaron se muestran en las tablas XXIV y XXV.

Tabla XXVI. **Ejemplo reducción de consumo de materiales parte I**

| Fecha | Lavadas | Lavadas (Lbs) | Detergente (Lbs) | Cloro (L) | Observaciones |
|--------------|----------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| 21/02/2012 | 25 | 6 400 | 128 | 7,68 | Ninguna |
| 22/02/2012 | 26 | 6 600 | 130 | 7,80 | Ninguna |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Ejemplo reducción de consumo de materiales parte II**

| Fecha | Δ Lb Detergente/Lb lavadas (%) | Δ L Cloro /Lb Lavadas (%) |
|---------------------------|---|--|
| 21/02/2012- 22/02/2012 | 1,50 | 1,52 |

Fuente: elaboración propia.

La reducción aunque se traten de valores pequeños se deberá estar realizando si en algún punto ya no existe reducción se deberá proceder a comparar contra los parámetros reales a utilizar fijados en el capítulo anterior como medio de verificación de que el proceso trabaja bajo las mismas condiciones siendo lo más importante no tener un descontrol en el gasto de materiales.

5.3. Plan para sostener las actividades de Producción más Limpia

Si la Producción más Limpia se posesiona y progresa en una organización, es imperativo que el equipo del proyecto no pierda impulso después de que hayan sido implementadas unas cuantas opciones. La Producción más Limpia sostenida es mejor alcanzada cuando forma parte de la cultura administrativa mediante un sistema formal de administración ambiental de la compañía o un enfoque de administración en calidad ambiental.

Un sistema de administración ambiental proporciona una estructura de toma de decisiones y plan de acción para apoyar mejoras ambientales continuas, tal como la implementación de Producción más Limpia. La evaluación de Producción más Limpia y los sistemas de administración ambiental son compatibles. Mientras los proyectos de Producción más Limpia tienen una orientación técnica, un sistema de administración ambiental se enfoca sobre el establecimiento de un marco de trabajo de la administración, pero también es necesario un enfoque técnico.

5.3.1. Actividades

Entre las actividades a realizar se encuentran el monitoreo mensual de aguas negras, el monitoreo de los costos de los materiales así como del uso de los mismos mencionados en la sección 5.2.1-2. Además deberá tener en cuenta las siguientes actividades: capacitaciones del personal del proceso cada seis meses, buscar asesoría de empresas para que brinde soluciones técnicas cada vez que se eleven los parámetros de reducción de desechos, buscar acceder a tecnologías más limpias, participación constante de la gerencia con los mandos inferiores en la implementación y seguimiento.

La principal línea de funcionamiento del presente programa deberá ser analizar mensualmente los componentes de la corriente de residuos, así como analizar la tendencia de estos. Es preciso que se realicen seguimiento continuo para asegurarse de que todos los procesos se cumplen a cabalidad y de que ningún paso se omita. Todos los procedimientos deben de seguirse al pie de la letra, si surge alguna modificación o mejora al proceso, es necesario incluir dicho cambio en el sistema de control creado para dicho proceso. Los controles industriales a aplicar al proceso de manera periódica, pueden ser: muestreo de trabajo, cartas de control y hojas de verificación.

5.3.2. Requerimientos y recursos

Los requerimientos y recursos para implementar el programa de Producción más Limpia en el Departamento de Lavandería solamente constan de una capacitación continua del personal involucrado al proceso.

Además de visitas de inspección por parte de las autoridades del hospital, pues esto significa un mayor grado de involucramiento de la alta gerencia del mismo, y muestra un compromiso total con el mejoramiento continuo hacia la Producción más Limpia que se trata de implementar. Este mejoramiento continuo no debe estar dirigido solamente a mejorar la reducción de desechos, sino a mejorar las condiciones de trabajo del Departamento de Lavandería.

El jefe de lavandería deberá velar constantemente por la reducción de consumo de materiales o por la búsqueda de materias primas de bajo costo y agradables con el medio ambiente. Deberá hacer anualmente las pruebas necesarias e implementar las correcciones que se consideren adecuadas para el proceso apoyándose de estudios de instituciones externas para aguas negras buscando disminuir cada vez más los parámetros de fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno y nitratos.

5.3.3. Responsables

Las personas responsables de que se cumpla el programa de Producción más Limpia son: el jefe de lavandería, subgerente de servicios generales y gerente de mantenimiento y servicios generales. Sirviendo las anteriores como principal cadena del funcionamiento del programa de Producción más Limpia en el proceso de lavandería. Estos deberán velar por el que el proceso sea eficaz e eficiente según los cambios realizados en el presente trabajo de graduación además de tomar decisiones en cuanto a futuros cambio a manera de establecer una mejora continua del proceso por medio de un programa de Producción más Limpia y en lo posible adaptarlo a otros departamentos del Hospital General San Juan de Dios.

6. MEDIO AMBIENTE

Como complemento a las medidas de Producción más Limpia, se incluye en este capítulo las medidas de mitigación para el proceso de lavandería así como el tratamiento de aguas residuales que se lleva a cabo en el Hospital General San Juan de Dios ambas contribuyen positivamente a la mejora del medio ambiente.

6.1. Efecto en el medio ambiente de las evaluaciones de parámetros fisicoquímicos sanitarios antes y después de la aplicación de Producción más Limpia

Los parámetros fisicoquímicos sanitarios presentaron una reducción después de la aplicación de Producción más Limpia, en la tabla XXVI se resume los parámetros más importantes y su porcentaje de reducción. Los parámetros fisicoquímicos sanitarios son tomados del anexo del análisis fisicoquímico de aguas residuales de origen doméstico y/o desechos industriales realizados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala Informe No. 2036 y 2049.

Como se puede ver en la tabla XXVI todos los parámetros presentan un porcentaje de reducción significativos luego de la aplicación de Producción más Limpia. Los parámetros del proceso se acercan al reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y disposición de lodos disminuyendo el trabajo de la planta de tratamiento de aguas residuales del hospital y en el caso de que está no se encuentre en funcionamiento disminuir radicalmente los efectos del proceso de lavandería con el ambiente.

Tabla XXVIII. **Parámetros fisicoquímico sanitarios antes y después de la aplicación de Producción más Limpia**

| Parámetro | Antes | Después | ΔParámetro (%) |
|---------------------------|--------------|----------------|-----------------------|
| Nitratos (ppm) | 80,000 | 62,00 | 22,50 |
| Nitritos (ppm) | 0,296 | 0,010 | 96,62 |
| Fosfatos (ppm) | 35,000 | 11,00 | 68,57 |
| Color (unidades de color) | 325,00 | 50,00 | 84,62 |
| pH (unidades de pH) | 9,08 | 8,07 | 11,12 |
| DBO (ppm) | 160,00 | 50,00 | 68,75 |
| DQO (ppm) | 236,00 | 196,00 | 16,95 |

Fuente: elaboración propia.

Los fosfatos, al igual que los nitratos, si se vierten de forma excesiva en el agua, pueden aumentar la cantidad de nutrientes hasta un nivel insostenible, e incluso pueden provocar el crecimiento de las algas en perjuicio de otras formas de vida acuática. Este fenómeno es conocido como eutrofización o, más comúnmente, como mareas rojas o mareas verdes. Los mayores responsables del vertido de fosfatos a las aguas superficiales son la agricultura y las aguas residuales, con los detergentes en tercera posición.

Los fosfatos se utilizan principalmente en detergentes para garantizar una limpieza eficaz en aguas duras. Los fosfatos provenientes de los detergentes que acaban vertiéndose en las aguas residuales tienen que eliminarse en plantas de tratamiento de aguas mediante unos procedimientos químicos o biológicos muy costosos. Entonces este fenómeno es un efecto al medio ambiente que se reduce en el proceso de lavandería por la aplicación de Producción más Limpia.

6.2. Efecto de la disminución del consumo de energía en el medio ambiente

Dentro de la problemática ambiental, uno de los temas más preocupantes es el cambio climático debido al efecto invernadero. La energía puede generarse mediante diferentes tecnologías. Cada tecnología basada en combustibles fósiles, lleva intrínsecas unas emisiones de los denominados gases de efecto invernadero. El hospital utiliza diesel el cual por lo tanto genera gases de efecto invernadero al disminuir su consumo se reduce las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas, y se atenúa, por tanto, la presión sobre el medio ambiente. Es de hacer notar que existen energías agradables con el ambiente como son la eólica y la solar fotovoltaica que son ideales para eliminar completamente este efecto negativo al ambiente.

6.3. Impacto de las materias primas de la lavadora en el medio ambiente

El detergente tiene un impacto en el medio ambiente que genera los siguientes problemas:

- Espuma: en las plantas de tratamiento de agua provoca problemas de operación, afecta la sedimentación primaria ya que engloba partículas haciendo que la sedimentación sea más lenta, dificulta la dilución de oxígeno atmosférico en agua y recubre las superficies de trabajo con sedimentos que contienen altas concentraciones de surfactantes, grasas, proteínas y lodos.
- Toxicidad en la agricultura: al utilizar aguas negras que contengan detergentes para irrigación, se pueden contaminar los suelos y por consiguiente, los cultivos.

- Eutrofización: la palabra proviene del griego "bien alimentado"; constituye un proceso natural de envejecimiento, en el que el lago sobrealimentado acumula grandes cantidades de material vegetal en descomposición en su fondo. Esto tiende a llenar el lago y hacerlo menos profundo, más tibio y con gran acumulación de nutrientes. Las plantas se apoderan del lecho del lago conforme se va llenando y se convierte poco a poco en un pantano para transformarse por último en un prado o un bosque.

Si se utiliza agua dura con detergente tiende a precipitar en forma de sales insolubles y no producen espuma. Además de esto, el agua dura entorpece la acción lavadora del detergente. El detergente no debe poseer carbonato de sodio puesto que al ser utilizado en la lavadora o secadora se forman precipitados en las paredes de las tuberías. Estos depósitos pueden llegar al extremo de ocasionar su obstrucción y en algunos casos pueden producir roturas. El cloro tiene un impacto en el medio ambiente que genera los siguientes problemas: sus vapores contaminan el aire y son corrosivos, en forma de clorato, contamina el agua, además de formar mezclas explosivas con compuestos orgánicos.

El cloro en cantidades mínimas es altamente efectivo para la desinfección del agua, aunque en el caso del Departamento de Lavandería este no se utiliza en pequeñas cantidades lo que provoca daños en forma de clorato. El cloro es especialmente dañino para los organismos que viven en el agua y en el suelo. Los derivados de la degradación vegetal y animal son compuestos activos que, al reaccionar con el cloro, dan como resultado compuestos orgánicos clorados, entre ellos los trihalometanos (THMs). El cloro se combina con material inorgánico en el agua para formar las sales de cloruro, y con materia orgánica en el agua para formar compuestos orgánicos clorados.

6.4. Tratamiento de agua residual del Hospital General San Juan de Dios

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado lodo) convenientes para su disposición o reuso. En el Hospital General San Juan de Dios se realizó un estudio técnico de tratamiento de agua residual el cual consiste en el siguiente proceso y cumplimiento legal.

6.4.1. Proceso

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser triturados esos materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. En el proceso de tratamiento de aguas residuales del Hospital San Juan de Dios se utilizarán filtros percoladores, un canal de rejillas y un reactor anaerobio de flujo ascendente más ducto de inspección.

En este proceso, el residuo que se va a tratar se introduce en la parte inferior del reactor. El agua residual fluye en sentido ascendente a través de un manto de lodo constituido por gránulos o partículas formadas biológicamente. El tratamiento se produce al entrar en contacto el agua residual y las partículas.

Los gases producidos en condiciones anaerobias (principalmente metano y dióxido de carbono) provocan una circulación interior, que colabora en la formación y mantenimiento de los gránulos. Parte del gas generado dentro del manto de lodo se adhiere a las partículas biológicas. Tanto el gas libre como las partículas a las que se ha adherido gas, ascienden hacia la parte superior del reactor.

Allí, se produce la liberación del gas adherido a las partículas, al entrar éstas en contacto con unos deflectores des-gasificadores. Las partículas suelen volver a caer hasta la superficie del manto de lodo. El gas libre y el gas liberado de las partículas se capturan en una bóveda de recogida de gases instalada en la parte superior del reactor. El líquido, que contiene algunos sólidos residuales y algunos de los gránulos biológicos, se conduce a una cámara de sedimentación, donde se separan los sólidos residuales.

Los sólidos separados se reconducen a la superficie del manto de lodo a través del sistema de deflectores. Para mantener el manto de lodo en suspensión, es necesario que la velocidad del flujo ascendente tenga un valor entre 0,5 y 0,9 metros por hora. Los reactores anaerobios de flujo ascendente pueden proporcionar el principal grado de tratamiento del agua residual, o se pueden emplear como paso previo al tratamiento posterior.

Cuando se utilizan como único medio de tratamiento, estos reactores sirven para la eliminación de: (1) sólidos sedimentables capaces de formar depósitos de lodo en las aguas receptoras; (2) aceite libre, grasas, y otras materias flotantes, y (3) parte de la carga orgánica vertida a las aguas receptoras. Cuando los reactores anaerobios de flujo ascendente se emplean como paso previo de tratamientos biológicos, su función es la reducción de la carga afluente a las unidades de tratamiento biológico. Los reactores bien

dimensionados y explotados con eficiencia eliminan entre el 50 y el 70 por ciento de los sólidos suspendidos y entre el 25 y el 40 por ciento de la demanda bioquímica de oxígeno.

6.4.2. Cumplimiento legal

Se busca cumplir con el Acuerdo Gubernativo 236-2006, de las descargas y reuso de aguas residuales y disposición de lodos del ministerio de ambiente y recursos naturales. El cual también prohíbe diluir aguas residuales directamente al alcantarillado público. Resultados del estudio técnico de agua residual, realizado recientemente, indican que el hospital cumple con los parámetros mínimos establecidos.

6.5. Medidas de mitigación

Se entienden como medida de mitigación la implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra y/o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las etapas de ejecución de un proyecto (construcción, operación y terminación) y mejorar la calidad ambiental aprovechando las oportunidades existentes.

La principal medida de mitigación en los impactos generados por los fosfatos, nitratos, nitritos y cloratos fue la reducción del volumen de desechos generados en el proceso de lavandería por la implementación de un programa de Producción más Limpia. En la tabla XXVII se presentan las medidas de mitigación generadas a partir de la reducción del volumen de desechos generados en el proceso de lavandería del Hospital General San Juan de Dios por medio de la aplicación de Producción más Limpia.

Tabla XXIX. **Medidas de mitigación**

| Impacto | Medidas de mitigación |
|--------------------------|--|
| Ambiente aéreo | |
| Partículas | Filtro y cámara de sedimentación |
| Gases | Torres de lavado |
| Ambiente acuático | |
| Orgánicos | Lodos activados, lagunas de estabilización y de oxidación. |
| Grasas | Trampa de grasa |
| Sólidos suspendidos | Filtración por gravedad |
| Sólidos sedimentables | Tanque de sedimentación |
| Inorgánicos | Absorción |
| Calor | Laguna de enfriamiento |

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Dentro de las técnicas de Producción más Limpia implementadas en el Hospital General San Juan de Dios se utilizó el estudio de métodos de trabajo, reducción de mermas y reformulación de procesos a fin de lograr un proceso más eficiente en temática ambiental, reduciendo costos, de tal forma que no fuera necesario una inversión inicial considerable para mejorar dicho proceso.
2. Se estableció que las formulaciones actuales de detergentes, cloro, desinfectas y demás materias primas que son utilizadas en la actualidad en el Hospital General San Juan de Dios, genera demasiada contaminación ambiental aportando fosfatos, cloritos, nitratos en el desecho líquido resultante, y a su vez encarecen el costo de producción, ya que generan costos ocultos tales como el costo de operación de una planta de tratamiento del agua residual de dicho proceso.
3. Se modificaron las formulaciones actuales a fin de obtener una combinación que disminuyera la cantidad de fosfatos, cloratos, nitritos en el residuo líquido en base a pruebas de laboratorio; la cual permitió obtener una formulación más amigable al ambiente y a su vez tuviera impacto en el reducción de costo de producción, actual; siendo la misma equivalente a la reducción de costos en base a una serie de pruebas de laboratorio.

4. Para lograr introducir las nuevas políticas no se hizo necesario realizar una inversión Inicial adicional, respecto a los costos ya existentes en el proceso, bastó con modificar las formulaciones y métodos de trabajo actuales, para lograr una producción armoniosa al ambiente teniendo un tiempo de recuperación instantáneo, siendo el único costo el necesario para realizar las pruebas de las nuevas formulaciones.
5. Se logró una reducción de un 20,40 por ciento en reducción de volumen de agua residuales además de las reducciones a los parámetros fisicoquímicos sanitarios según las 4 pruebas las cuales se discuten en la sección 4.1.
6. Sensibilizar al personal administrativo y operativo respecto a los efectos económicos para la empresa y perjudiciales para el medio ambiente, ocasionados por los procesos poco ecológicos e ineficientes.
7. Al implementar las políticas de Producción más Limpia, se logró una reducción de 0,29 quetzales por libra versus el costo de producción actual, generando un beneficio económico inmediato para el Hospital General San Juan de Dios, respecto al presupuesto asignado a dicha área.

RECOMENDACIONES

1. Como parte de las acciones implementadas a fin de obtener una Producción más Limpia dentro del área de lavandería del Hospital General San Juan de Dios, debe controlarse periódicamente que se utilice la formulación de detergentes y cloro recomendada, procurando la reducción de mermas en la utilización de dichas materias primas; a fin de obtener los beneficios ambientales y económicos planteados.
2. El beneficio económico que se obtiene de la implementación de dicha política, es el resultado de los ahorros que se generan en función del presupuesto actual, se recomienda que tras la implementación de esta política, a fin de no perder el presupuesto ya asignado al área, se utilicen dichos recursos para mejoras adicionales en dicho departamento, tales como mantenimiento preventivo de la maquinaria existente, seguridad industrial, introducción de tecnología, entre otras.
3. La política planteada es una opción viable que no requiere de inversión adicional, y acarrea beneficios tanto ambientales como económicos, sin embargo como una política de mejora continua, se recomienda estudiar la factibilidad en el Hospital San Juan de Dios, en la introducción de nuevas alternativas ya existentes en temáticas de lavanderías industriales que contribuyan a mejorar la eficiencia del proceso como tal y que a su vez son amigables a la temática ambiental, entre ellas el lavado por medio de ozono en sustitución de detergentes, blanqueadores y productos usados tradicionalmente para dicho fin.

4. Se debe capacitar al personal operativo, así como jefes y coordinadores de área en la importancia de cuidado del ambiente, y de los cambios necesarios dentro de la operación que cada uno de ellos realiza para conseguir dicho fin, de tal forma que permita la implementación exitosa de dicha política y garantice la continuidad de la misma, de tal forma que todos los trabajadores comprendan y se comprometan con los objetivos de dicha propuesta.

5. A fin de implementar una política de Producción más Limpia integral, se recomienda tomar medidas dirigidas a un uso racional y óptimo de agua, reducir el consumo de energía (eléctrica y térmica) con acciones sencillas como apagar la iluminación cuando no es necesaria, apagar la maquinaria que no se utilizará en un tiempo prudencial, evitar las pérdidas de calor en secadoras industriales, el manejo adecuado de los desechos sólidos hospitalarios, lo cual en conjunto con las medidas ya propuestas dentro del proceso como tal, contribuirá al ambiente y a la obtención de beneficios económicos adicionales, por la reducción de insumos innecesarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. CASIA, Edwin Antonio. *Estudio de mejoramiento de las actividades de operación en el área industrial de una lavandería, de la ciudad capital*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2008. 150 p.
2. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. *Guía de consultores: Cómo llevar a cabo un diagnóstico ambiental para la identificación y aprovechamiento de oportunidades de Producción más Limpia*. Guatemala: CGPML 2002. 125 p.
3. *Panorama del medio ambiente en Guatemala*. Guatemala, CGPML 2004. 150 p.
4. CIFUENTES, Alex Rodemiro. *Aprovechamiento del reciclado del agua en una industria de alimentos para Producción Más Limpia*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2008. 180 p.

5. CUELLAR, Osberto. *Guía para tratamiento de aguas y su aplicación en el diseño de una planta de tratamiento de aguas de desecho industrial provenientes de una planta de jabones y detergentes*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1978. 180 p.
6. HERNÁNDEZ, Erick Estuardo. *Estudio para el incremento de la productividad, en una empresa de lavandería industrial*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2008. 150 p.
7. PÉREZ, Lizardo Amílcar. *Evaluación de la calidad de los detergentes para lavandería comercializados en Guatemala en su contenido de fosfatos como contaminantes del medio ambiente*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2008. 180 p.
8. VILLALBA, Julio Roberto. *Guía para el diseño de una lavandería industrial hotelera*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2008. 170 p.

APÉNDICE

HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**Departamento de Lavandería****Aguas residuales**

Realizado por: _____

| | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|
| Fecha | | | | | | |
| Parámetro | | | | | | |
| Temperatura (°C) | | | | | | |
| pH | | | | | | |
| Nitratos (ppm) | | | | | | |
| Fosfatos (ppm) | | | | | | |
| Cloro residual (ppm) | | | | | | |
| Nitritos (ppm) | | | | | | |
| Dureza total (ppm) | | | | | | |
| DBO (ppm) | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Consumo de materias primas, área de lavandería Hospital San Juan de Dios del 01/01/2011 al 25/01/2011

| FECHA | LAVADAS | LAVADAS (Lbs.) | JABON (Lbs.) | CLORO (Lbs.) | INCREMENTADOR (Lbs.) | DESINFECTANTE (galones) |
|--------------|------------|----------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------------|
| 01/01/2011 | 24 | 6200 | 145 | 145 | 40 | 2 |
| 02/01/2011 | 26 | 6800 | 160 | 160 | 50 | 9 |
| 03/01/2011 | 27 | 7200 | 165 | 165 | 75 | 5 |
| 04/01/2011 | 30 | 8000 | 195 | 195 | 50 | 7 |
| 05/01/2011 | 25 | 6180 | 138 | 124 | 14 | 0 |
| 06/01/2011 | 24 | 5480 | 156 | 128 | 92 | 2 |
| 07/01/2011 | 25 | 5140 | 108 | 105 | 51 | 0 |
| 08/01/2011 | 30 | 4240 | 160 | 168 | 52 | 3 |
| 09/01/2011 | 22 | 5600 | 119 | 118 | 46 | 2 |
| 10/01/2011 | 21 | 5580 | 118 | 115 | 38 | 2 |
| 11/01/2011 | 28 | 7600 | 180 | 180 | 58 | 6 |
| 12/01/2011 | 25 | 6400 | 132 | 132 | 32 | 4 |
| 13/01/2011 | 33 | 8400 | 198 | 198 | 64 | 7 |
| 14/01/2011 | 24 | 6600 | 160 | 160 | 30 | 3 |
| 15/01/2011 | 27 | 7200 | 165 | 165 | 75 | 5 |
| 16/01/2011 | 24 | 6000 | 150 | 150 | 50 | 7 |
| 17/01/2011 | 35 | 9300 | 260 | 105 | 51 | 6 |
| 18/01/2011 | 30 | 8000 | 195 | 195 | 50 | 4 |
| 19/01/2011 | 35 | 9200 | 120 | 120 | 75 | 9 |
| 20/01/2011 | 36 | 9400 | 235 | 235 | 75 | 6 |
| 21/01/2011 | 27 | 7200 | 155 | 155 | 40 | 4 |
| 22/01/2011 | 26 | 6800 | 140 | 140 | 50 | 1 |
| 23/01/2011 | 25 | 6500 | 130 | 130 | 35 | 6 |
| 24/01/2011 | 26 | 7000 | 140 | 140 | 50 | 1 |
| 25/01/2011 | 34 | 7750 | 134 | 134 | 86 | 4 |
| TOTAL | 689 | 173770 | 3958 | 3762 | 1329 | 105 |

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Consumo de materias primas, área de lavandería Hospital San Juan de Dios del 27/01/2011 al 25/02/2011

| FECHA | LAVADAS | LAVADAS (Lbs.) | JABON (Lbs.) | CLORO (Lbs.) | INCREMENTADOR (Lbs.) | DESINFECTANTE (galones) |
|--------------|------------|----------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------------|
| 27/01/2011 | 32 | 7700 | 180 | 180 | 80 | 6 |
| 28/01/2011 | 35 | 9300 | 260 | 260 | 125 | 9 |
| 29/01/2011 | 34 | 8500 | 258 | 258 | 115 | 8 |
| 30/01/2011 | 30 | 8000 | 195 | 195 | 50 | 4 |
| 31/01/2011 | 35 | 9200 | 120 | 120 | 75 | 9 |
| 01/02/2011 | 22 | 6000 | 142 | 142 | 48 | 4 |
| 02/02/2011 | 24 | 6600 | 122 | 122 | 45 | 6 |
| 03/02/2011 | 22 | 6000 | 135 | 135 | 40 | 4 |
| 04/02/2011 | 24 | 6600 | 140 | 140 | 50 | 5 |
| 05/02/2011 | 24 | 6200 | 145 | 145 | 40 | 2 |
| 06/02/2011 | 22 | 6000 | 135 | 135 | 40 | 4 |
| 07/02/2011 | 25 | 7000 | 164 | 164 | 75 | 3 |
| 08/02/2011 | 27 | 8000 | 188 | 188 | 70 | 2 |
| 09/02/2011 | 32 | 7700 | 180 | 180 | 80 | 6 |
| 10/02/2011 | 24 | 6200 | 145 | 145 | 40 | 2 |
| 11/02/2011 | 25 | 7600 | 166 | 166 | 84 | 6 |
| 12/02/2011 | 30 | 4240 | 160 | 168 | 52 | 3 |
| 13/02/2011 | 35 | 9300 | 260 | 260 | 125 | 6 |
| 14/02/2011 | 30 | 8000 | 195 | 195 | 50 | 4 |
| 15/02/2011 | 35 | 9200 | 120 | 120 | 75 | 9 |
| 16/02/2011 | 36 | 9400 | 235 | 235 | 75 | 10 |
| 17/02/2011 | 27 | 7200 | 155 | 155 | 40 | 4 |
| 18/02/2011 | 26 | 6800 | 140 | 140 | 50 | 1 |
| 19/02/2011 | 25 | 6500 | 130 | 130 | 35 | 6 |
| 20/02/2011 | 26 | 7000 | 140 | 140 | 50 | 1 |
| 21/02/2011 | 25 | 6500 | 130 | 130 | 35 | 4 |
| 22/02/2011 | 30 | 4240 | 160 | 168 | 52 | 3 |
| 23/02/2011 | 35 | 9300 | 260 | 260 | 125 | 6 |
| 24/02/2011 | 30 | 8000 | 195 | 195 | 50 | 4 |
| 25/02/2011 | 35 | 9200 | 120 | 120 | 75 | 9 |
| TOTAL | 886 | 227680 | 5220 | 5236 | 1986 | 152 |

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3. Consumo de materias primas, área de lavandería Hospital San Juan de Dios del 25/02/2011 al 28/03/2011

| FECHA | LAVADAS | LAVADAS (Lbs.) | JABON (Lbs.) | COLORO (Lbs.) | INCREMENTADOR (Lbs.) | DESINFECTANTE (galones) |
|--------------|------------|----------------|--------------|---------------|----------------------|-------------------------|
| 26/02/2011 | 35 | 9300 | 210 | 210 | 125 | 0 |
| 27/02/2011 | 25 | 7600 | 166 | 166 | 84 | 0 |
| 28/02/2011 | 22 | 6000 | 142 | 142 | 60 | 0 |
| 01/03/2011 | 24 | 6600 | 122 | 122 | 75 | 0 |
| 02/03/2011 | 30 | 8000 | 195 | 195 | 50 | 0 |
| 03/03/2011 | 35 | 9200 | 120 | 120 | 90 | 0 |
| 04/03/2011 | 35 | 9200 | 120 | 120 | 75 | 0 |
| 05/03/2011 | 36 | 9400 | 235 | 235 | 85 | 0 |
| 06/03/2011 | 22 | 5600 | 119 | 118 | 70 | 0 |
| 07/03/2011 | 21 | 5580 | 118 | 115 | 60 | 0 |
| 08/03/2011 | 28 | 7600 | 180 | 180 | 78 | 0 |
| 09/03/2011 | 25 | 6400 | 132 | 132 | 95 | 0 |
| 10/03/2011 | 35 | 9300 | 260 | 260 | 125 | 0 |
| 11/03/2011 | 21 | 5500 | 146 | 146 | 80 | 0 |
| 12/03/2011 | 25 | 7600 | 166 | 166 | 84 | 0 |
| 13/03/2011 | 21 | 5500 | 146 | 146 | 62 | 0 |
| 14/03/2011 | 23 | 6000 | 130 | 130 | 45 | 0 |
| 15/03/2011 | 35 | 9200 | 120 | 120 | 63 | 0 |
| 16/03/2011 | 21 | 6800 | 155 | 155 | 30 | 0 |
| 17/03/2011 | 23 | 7300 | 164 | 164 | 65 | 0 |
| 18/03/2011 | 35 | 9300 | 260 | 260 | 125 | 0 |
| 19/03/2011 | 30 | 8000 | 195 | 195 | 50 | 0 |
| 20/03/2011 | 35 | 9200 | 120 | 120 | 75 | 0 |
| 21/03/2011 | 24 | 6600 | 140 | 140 | 50 | 0 |
| 22/03/2011 | 24 | 6200 | 145 | 145 | 60 | 0 |
| 24/03/2011 | 18 | 4840 | 95 | 73 | 90 | 0 |
| 25/03/2011 | 34 | 7750 | 134 | 134 | 86 | 0 |
| 26/03/2011 | 34 | 7750 | 134 | 134 | 86 | 0 |
| 27/03/2011 | 23 | 6100 | 146 | 146 | 80 | 0 |
| 28/03/2011 | 24 | 6900 | 160 | 160 | 78 | 0 |
| TOTAL | 823 | 220320 | 4675 | 4649 | 2281 | 0 |

Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Cantidad de pacientes Hospital General San Juan de Dios por mes año 2011.

| Servicios | Unidad Producción | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Totales |
|--|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|---------|-----------|
| Farmacia | RECETAS | 292,640 | 316,056 | 241,387 | 325,909 | 309,946 | 301,870 | 305,420 | 279,964 | 268,902 | 273,608 | 2,916,590 |
| Central de Equipos | PAQUETES | 50,636 | 50,552 | 61,021 | 56,654 | 54,785 | 53,682 | 51,750 | 57,837 | 58,501 | 56,945 | 560,371 |
| Trabajo Social | CASOS | 86 | 202 | 170 | 105 | 88 | 87 | 103 | 496 | 65 | 58 | 1,460 |
| Nutrición | RACION | 24,620 | 35,094 | 25,941 | 27,637 | 26,934 | 25,057 | 25,950 | 25,856 | 20,015 | 27,240 | 273,152 |
| Lavandería | LIBRAS | 173,770 | 227,681 | 220,320 | 224,358 | 199,421 | 221,679 | 188,369 | 171,130 | 161,800 | 203,805 | 1,992,333 |
| Costurería | P. ELABORADAS | 5,944 | 5,590 | 3,648 | 3,187 | 4,579 | 5,542 | 1,653 | 4,154 | 3,569 | 2,457 | 40,323 |
| Costurería | P. REPARADAS | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Mantenimiento | SOL.RECIBIDAS | 154 | 121 | 141 | 156 | 130 | 222 | 166 | 181 | 234 | 231 | 1,736 |
| Mantenimiento | SOL.CUMPLIDAS | 154 | 120 | 143 | 154 | 128 | 218 | 165 | 181 | 234 | 231 | 1,728 |
| Transportes | KMS | 8,508 | 8,753 | 8,184 | 6,865 | 10,486 | 8,675 | 8,241 | 9,818 | 6,566 | 6,289 | 82,385 |
| Transportes | GALONES | 160.5 | 220.6 | 276.9 | 198.2 | 286.0 | 244.4 | 268.6 | 306.5 | 222.7 | 211.0 | 2,395.4 |
| TOTAL MENSUAL DE EGRESOS | | 3,092 | 3,450 | 3,148 | 3,279 | 3,264 | 3,357 | 3,615 | 3,814 | 3,452 | 3,429 | 33,830 |
| TOTAL MENSUAL DE DCO | | 19,542 | 20,879 | 21,335 | 23,514 | 23,163 | 24,142 | 26,038 | 25,429 | 24,360 | 22,332 | 230,724 |
| PROMEDIO MENSUAL DE INDICE OCUP. | | 78.72% | 95.00% | 79.96% | 88.96% | 93.24% | 91.80% | 102.32% | 95.12% | 92.00% | 79% | 90.85% |
| TOTAL MENSUAL DE CAMAS | | 926 | 926 | 926 | 926 | 926 | 926 | 926 | 926 | 926 | 926 | 926 |
| PROMEDIO MENSUAL DE ESTANCIA PROM | | 10.24 | 9.24 | 10.12 | 10.36 | 11.36 | 10.64 | 11.80 | 10.48 | 11.36 | 9.44 | 10.56 |
| TOTAL MENSUAL DE Consultas Externas | | 21,866 | 28,549 | 30,366 | 24,316 | 32,036 | 29,202 | 27,782 | 28,903 | 22,729 | 26,914 | 272,663 |
| TOTAL MENSUAL DE Atendidos en Emergencia | | 8,704 | 10,100 | 8,771 | 11,484 | 9,512 | 9,129 | 8,964 | 10,624 | 8,589 | 7,774 | 93,651 |

Fuente: Departamento de registros médicos, Hospital General San Juan de Dios.

Anexo 5. **Tasas sociales de descuento para Guatemala
período 2004-2011**

| Año | Tasa Social de Descuento TSD anual |
|------------|---|
| 2004 | 12,7008 por ciento |
| 2005 | 9,3187 por ciento |
| 2006 | 12,658 por ciento |
| 2007 | 10,4442 por ciento |
| 2008 | 12,8184 por ciento |
| 2009 | 9,7864 por ciento |
| 2010 | 11,9734 por ciento |
| 2011 | 12,0000 por ciento |

Fuente: GIRÓN, Renaldo. *Estudio de prefactibilidad para el fortalecimiento educativo tecnológico en el instituto nacional de educación básica "Experimental" con orientación ocupacional "Lo de Coy"*. Trabajo de graduación de Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2006. p.160.

