

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“MEJORA DE LOS PROCESOS APLICANDO LAS
HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN UNA
REFINERÍA DE SAL”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

LIDIO MAECK MARTICORENA CERRÓN

RENZO ENRIQUE CARRASCO PAZOS

LIMA – PERÚ

2012

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

Dedicatoria:

A nuestros Padres y Familiares, por su infinito apoyo.

A nuestros Profesores, por nutrirnos de conocimientos.

A nuestra Facultad, por su constante apoyo en nuestra formación.

A nuestra Alma Máter, Universidad Nacional de Ingeniería.

Agradecimientos:

Nuestro reconocimiento y gratitud a nuestro asesor Ing. Cesar Osorio,
por su constante apoyo y orientación brindada,
que hicieron posible la realización de esta Tesis.

A todas las personas que de manera directa o indirecta colaboraron con la
realización y finalización del presente estudio.

INDICE

TÍTULO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE.....	iv
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
-----o-----	
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	3
METODOLOGÍA	4
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA	5
1.1. Producción Más Limpia: (PML).....	5
1.2. Ecoeficiencia	6
1.3. Mejor tecnología disponible (<i>Best Available Technology</i> - BAT):.....	6
1.4. Cloruro sódico (NaCl)	6
1.5. Cristalización de la sal común	8
1.6. Usos de la sal.....	9
1.7. Definición y clasificación de la sal de consumo humano.....	13
1.8. Requisitos de la sal de consumo humano	14
1.8.1. Fortificación de la sal	14
1.9. Capacidad de proceso (Cp)	19
1.10 Índice de capacidad del proceso (icp, cpk).....	19
1.11 Usos del Gas Natural y sus condensados.....	21
1.12 Nuevos Usos del Gas Natural	22
1.13 Gas Natural: Generación de energía.....	23

CAPÍTULO II ALCANCE Y PLANEAMIENTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	24
2.1 Alcance	24
2.2 Establecimiento de comité de producción más limpia	24
2.3 Objetivos Generales	25
2.4 Barreras y soluciones en la implementación	25
CAPÍTULO III LÍNEA A DE REFERENCIA (DIAGNÓSTICO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA)	27
3.1 Descripción de la empresa	27
3.1.1 Medio Físico	33
3.1.1.1 Clima	33
3.1.1.2 Hidrología	34
3.1.2 Medio Biológico	35
3.1.2.1 Flora	35
3.1.2.2 Fauna	36
3.1.3 Áreas Naturales Protegidas	37
3.2 Descripción del proceso	38
3.2.1 Extracción de salmuera	40
3.2.2 Preconcentración y Concentración de salmuera	42
3.2.3 Cristalización de salmuera	44
3.2.4 Escarificado y apilado de sal cristalizada	46
3.2.5 Traslado de Sal a Plantas de Lavado	47
3.2.6 Lavado de Sal	47
3.2.6.1 Alimentación a tolvas	49
3.2.6.2 Molienda	49
3.2.6.3 Lavado	50
3.2.6.4 Zarandeo	51

3.2.6.5 Apilado	51
3.2.6.6 Despacho de Sal:.....	52
3.2.7 Refinación de Sal Consumo Humano	53
3.2.7.1 Recepción de Sal – Materia Prima	54
3.2.7.2 Alimentación y Molienda Primaria.....	54
3.2.7.3 Secado, Enfriado y Adición de Aditivos	54
3.2.7.4 Molienda Secundaria y Adición de Antiapelmazante.....	56
3.2.8 Producción de Sal Industrial.....	59
3.2.9 Almacenamiento y Despachos de producto terminado.....	60
3.2.9.1Producto Terminado Plantas de Lavado: Sal Lavada a Granel... 60	
3.2.9.2Producto Terminado Planta Refinería: Sal consumo humano..... 61	
3.3 Consumos de Insumos.....	61
3.3.1 Energía Eléctrica	61
3.3.2 Diesel (B2).....	64
3.3.3 Agua.....	68
3.4 Costo de Insumo.....	70
3.4.1 Energía Eléctrica	70
3.4.2 Diesel B2.....	71
3.4.3 Agua	71
3.5 Ratios de Producción por consumo de recursos.....	72
3.5.1 Cristalización y Extracción de Sal.....	72
3.5.2 Lavado de Sal.....	74
3.5.3 Refinación de Sal.....	76
3.6 Emisiones atmosféricas.....	79
3.6.1 Monitoreo de la Calidad del Aire en la Zona de la Planta.....	79
3.6.2 Gases	82
3.6.3 Material particulado.....	83
3.6.4 Monitoreo Ruido Ambiental	85

3.7 Efluentes Líquidos.....	87
3.8 Residuos Sólidos.....	90
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	91
4.1 Proceso de Producción de Sal: Diagrama de Flujo de Proceso.....	91
4.2 Evaluación y selección de áreas y/o procesos donde se plantearan opciones de Producción más Limpia	95
4.3 Balances de masa de materiales y de energía para las operaciones unitarias y actividades prioritarias.....	100
4.4 Definición de las causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias	103
4.5 Pre-selección de las opciones generadas	109
CAPÍTULO V ESTUDIO TECNICO, ECONOMICO Y AMBIENTAL	117
5.1 Metodología para la Evaluación Técnica, Económica y Ambiental.....	117
5.2 Evaluación de opciones de producción más limpia preseleccionadas.....	120
CAPÍTULO VI IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	158
6.1 Obtención de fondos.....	158
6.2 Planes de acción.....	159
6.3 Implementar las oportunidades de Producción Más Limpia... ..	163
6.4 Supervisar y evaluar el avance.....	163
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES	164
CAPÍTULO VIII RECOMENDACIONES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	167
ANEXO 1: NORMAS TECNICAS PARA LA PRODUCCION DE SAL.....	171
ANEXO 2: RELACIÓN DE MOTORES ELECTRICOS	173
ANEXO 3: OPCIONES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	180
ANEXO 4: INFORME DE AUDITORIA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	200
ANEXO 5: ECOMAPA	202

RESUMEN EJECUTIVO

El mundo actual es cada vez más competitivo y en lo referente al sector productivo, esta competitividad exige que las empresas adopten estrategias de producción y de gestión que las diferencien y las hagan más eficientes pero sin deteriorar el medio ambiente.

Esta preocupación condujo a la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas, establecer lineamientos bases que permitan a cada país elaborar Programas de Producción Más Limpia (P+L), según el tipo de industrias que poseen.

Sobre la base de estos lineamientos en el Perú, el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual INDECOPI, ha elaborado una Guía para la Implementación de Producción Más Limpia aplicable a todos los sectores productivos y de servicios en general.

Según lo anteriormente expuesto y teniendo como instrumento de trabajo la Guía mencionada, se decidió efectuar un estudio a la Planta Refinería de Sal - Salinas de Huacho, que tenga como objetivo determinar cuales son las acciones que puedan ser aplicadas en la cadena productiva de la sal para alcanzar una Producción Más Limpia, incidiendo fundamentalmente en los requerimientos técnicos para lograr incrementar la eficiencia y reducir los riesgos sobre la población y el ambiente.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Propiedades Cloruro de Sodio.....	7
Cuadro 2: Contenido de Yodo y Flúor de la Sal Consumo Humano.....	15
Cuadro 3: Propiedades del Fluoruro de Potasio	15
Cuadro 4: Propiedades del Yodato de Potasio	16
Cuadro 5: Especificación Técnica Sal para Consumo humano	18
Cuadro 6: Rangos del Índice de Capacidad de Proceso	20
Cuadro 7: Descripción de Equipos: Extracción – Cristalización.....	40
Cuadro 8: Parámetros meteorológicos para la evaporación y cristalización	42
Cuadro 9: Descripción de Equipos: Planta de Lavado.....	47
Cuadro 10: Descripción de Equipos: Planta Refinería de Sal Consumo Humano	53
Cuadro 11: Descripción de Equipos: Planta Sal Industrial Grano y Molida	59
Cuadro 12: Consumo de energía eléctrica mensual 2010 – Salinas Huacho.....	62
Cuadro 13: Salinas Huacho distribución Promedio de Energía, 2010	63
Cuadro 14: Consumo Mensual de Diesel – Almacén Unidades Móviles (2010).....	65
Cuadro 15: Consumo mensual de Diesel – Almacén Planta Refinería.....	66
Cuadro 16: Consumo total de Diesel B2 del año 2010.	67
Cuadro 17: Almacenamiento de Agua Campamento Salinas Huacho	68
Cuadro 18: Consumo y Costos de Energía 2010.....	70
Cuadro 19: Consumo y Costos de Diesel B2 2010.....	71
Cuadro 20: Consumo y Costos de Agua 2010.....	71
Cuadro 21: Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Cristalización y Extracción de Sal.....	72
Cuadro 22: Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Lavado de Sal	74
Cuadro 23: Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Refinación de Sal.....	76
Cuadro 24: Metodología de muestreo y análisis	80
Cuadro 25: Equipos de muestreo.....	80
Cuadro 26: Puntos de muestreo de aire.....	81
Cuadro 27: Resultados Muestreo Calidad de Aire	81
Cuadro 28: Metodología de muestreo y análisis	82
Cuadro 29: Metodología de muestreo y análisis	83
Cuadro 30: Puntos de muestreo de Emisiones Atmosféricas.....	84
Cuadro 31: Resultados Emisiones Atmosféricas	84
Cuadro 32: Puntos de Muestreo Ruido Ambiental	86
Cuadro 33: Resultados Ruido Ambiental	87

Cuadro 34: Análisis Químico Amargos.....	88
Cuadro 35: Resultados monitoreo de efluentes líquidos Plantas de Lavado.....	88
Cuadro 36: Generación de Residuos Sólidos 2010	90
Cuadro 37: Datos Resaltantes de los Diagramas de Flujo	94
Cuadro 38: Criterios para la selección de áreas prioritarias	95
Cuadro 39: Aplicación de Criterios de Selección de Áreas Prioritarias en Áreas y Procesos Salinas Huacho.....	96
Cuadro 40: Áreas Prioritarias Seleccionadas.....	98
Cuadro 41: Proceso de Extracción y Cristalización de Salmuera - Balance de Masa	100
Cuadro 42: Proceso de Lavado de Sal - Balance de Masa	101
Cuadro 43: Proceso de Refinación de Sal - Balance de Masa	102
Cuadro 44: Causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias.....	103
Cuadro 45: Determinación de las Causas de los Flujos Contaminantes y de las Ineficiencias para las Áreas Prioritarias Seleccionada.....	103
Cuadro 46: Desarrollo opciones P+L en las áreas prioritarias seleccionadas.....	106
Cuadro 47: Propuestas de opciones de Producción más Limpia para Áreas Prioritarias	109
Cuadro 48: Criterios de Clasificación para Preselección de Opciones P+L	112
Cuadro 49: Preselección de Opciones de Producción más Limpia	114
Cuadro 50: Opciones P+L Preseleccionadas.....	115
Cuadro 51: Criterios para Evaluación Técnica de Opciones P+L.....	117
Cuadro 52: Metodología de Identificación de Aspectos Ambientales Significativos (Método Cualitativo).....	118
Cuadro 53: Valoración de Aspectos Ambientales	119
Cuadro 54: Metodología de Identificación de Aspectos Ambientales Significativos (Método Cuantitativo)	119
Cuadro 55: Evaluación Opción N° 01.....	120
Cuadro 56: Evaluación Opción N° 03.....	122
Cuadro 57: Evaluación Opción N° 04.....	123
Cuadro 58: Evaluación Opción N° 04.....	124
Cuadro 59: Evaluación Opción N° 06.....	126
Cuadro 60: Evaluación Opción N° 07.....	128
Cuadro 61: Cálculo del Aire Requerido para la Reacción.....	130
Cuadro 62: Coeficientes de la Reacción	130
Cuadro 63: Cálculo de Entalpía de Formación para las corrientes F03 y F04	131

Cuadro 64: Cálculo de Entalpía del aire para las corrientes F03 y F04.....	132
Cuadro 65: Cálculo de Entalpía de Vapor de Agua para las corrientes F03 y F04 ..	133
Cuadro 66: Valores de entalpía de Vapor de Agua.....	134
Cuadro 67: Resultados.....	134
Cuadro 68: Horas de Operación del Secador	134
Cuadro 69: Consumo calorífico anual para el proceso de secado de la sal.....	134
Cuadro 70: Consumo de Equipos	135
Cuadro 71: Línea de alta presión de mesa de carga hasta RCU.....	136
Cuadro 72: Línea de baja presión de RCU a calentadores	136
Cuadro 73: Línea de baja presión de RCU a EFM	137
Cuadro 74: Línea baja presión de EFM a quemadores	137
Cuadro 75: Sistema de filtrado a la entrada de la RCU.....	138
Cuadro 76: Línea neumática.....	138
Cuadro 77: Evaluación Económica	139
Cuadro 78: Proyecto de Implementación de Uso de Gas Natural – Refinería Huacho	140
Cuadro 79: Proyecciones Económicas Caso Base.....	141
Cuadro 80: Identificación de Aspectos Ambientales Significativos (Método Cualitativo)	142
Cuadro 81: Identificación de Aspectos Ambientales Significativos (Método Cuantitativo).....	142
Cuadro 82: Opción N°8. Cambio en la Tecnología de Equipo: Repotenciación del Secador Rotatorio.....	144
Cuadro 83: Evaluación Económica OP 08	145
Cuadro 84: Opción N° 11. Cambio en la Tecnología de Proceso: Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.	147
Cuadro 85: Resumen de Pruebas Realizadas	147
Cuadro 86: Evaluación Económica	153
Cuadro 87: Identificación de Aspectos Ambientales significativos (Método cualitativo)	154
Cuadro 88: Identificación de aspectos ambientales significativos (Método cuantitativo)	154
Cuadro 89: Sistema de calificación PML.....	155
Cuadro 90: Evaluación de opciones PML	156
Cuadro 91: Evaluación de opciones PML	157
Cuadro 92: Periodo de recuperación de Opciones de Producción más limpia.....	158

Cuadro 93: Línea de Crédito para la Implementación de uso de gas natural – Planta Refinería	159
Cuadro 94: Plan De Acción P+L N° 08 Repotenciación del Secador	160
Cuadro 95: Plan de Acción P+L N° 11 Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.	161
Cuadro 96: Procesos y Operaciones Unitarias	164
Cuadro 97: Operaciones de Producción más limpia.....	165
Cuadro 98: Beneficios técnicos y/o ambientales.....	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Composición – Densidad: Cambios durante evaporación de agua de mar a 25 °C.	8
Figura 2: Emisiones de CO ₂ por combustible.....	21
Figura 3: Usos del Gas Natural en la Industria	22
Figura 4: Diagrama de Uso de Gas Natural en la Industria	23
Figura 5: Imagen aérea de la ubicación de la planta	28
Figura 6: Imagen satelital del área de emplazamiento.....	30
Figura 7: Plano de distribución de las instalaciones	32
Figura 8: Humedal de Paraíso.....	35
Figura 9: Flamenco (<i>Phoenicopterus ruber</i>).....	36
Figura 10: Lomas de Lachay	37
Figura 11: Diagrama de bloques: Extracción., cristalización y lavado.	38
Figura 12: Diagrama de bloques: Refinación de Sal Consumo Humano y Refinación de Sal Industrial.	39
Figura 13: Extracción forzada de Salmuera (Uso de compresor a diesel).....	42
Figura 14: Poza Concentradora de Salmuera.....	43
Figura 15: Poza Concentradora de Salmuera.....	43
Figura 16: Sal cristalizada	44
Figura 17: Losa de sal cristalizada.....	45
Figura 18: Escarificado de sal usando maquinaria pesada.....	46
Figura 19: Faja transportadora de alimentación de sal a la Planta de lavado Fuente: Elaboración propia.....	49
Figura 20: Planta de lavado de sal.....	50
Figura 21: Planta de lavado de sal.....	51
Figura 22: Apilado de sal (Tripper formador de cono).....	52
Figura 23: Secador rotatorio de Planta Refinería de sal	55
Figura 24: Adición de Aditivos	56
Figura 25: Molino de Impacto	57
Figura 26: Adición de Antiapelmazante.....	57
Figura 27: Silos de almacenamiento de la sal.....	58
Figura 28: Envasado de Sal	58
Figura 29: Almacenamiento de Sal consumo humano producto terminado	60
Figura 30: Consumo de Energía en la Planta de Salinas Huacho, 2010.....	62
Figura 31: Distribución de consumo de energía por áreas (2010).....	63

Figura 32: Consumo B2 por Centro de Costo	65
Figura 33: Consumo B2 Almacén Salinas - Unidades Móviles	65
Figura 34: Consumo Biodiesel B2 2010	66
Figura 35: Consumo total de Biodiesel B2- Almacén Planta Refinería	66
Figura 36: Consumo de B2 – Almacén Unidades móviles y Planta Refinería	67
Figura 37: Gráficos Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Cristalización y Extracción de Sal	72
Figura 38: Gráficos Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Lavado de Sal	74
Figura 39: Gráficos Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Refinación de Sal	76
Figura 40: Diagrama de flujo: Proceso de Extracción y Cristalización de Salmuera ..	91
Figura 41: Proceso de Lavado de Sal	92
Figura 42: Proceso Refinación de Sal de Consumo Humano y Sal Industrial	93
Figura 43: Criterios de selección de áreas y/o procesos donde se plantearan opciones P+L	99
Figura 44: Causas de Flujos Contaminantes e Ineficiencias	105
Figura 45: Gráfico de control estadístico de temperatura de secado 2010	127
Figura 46: CPK Temperatura de Secado	127
Figura 47: Diagrama de proceso en la cámara de combustión	129
Figura 48: Balance de Masa de reacción en la cámara de combustión	129
Figura 49: Proyecto Clasificación de Granos	152
Figura 50: Transporte y descarga de GNC	159
Figura 51: Secador Rotatorio	160
Figura 52: Zaranda propuesta	161
Figura 53: Ubicación del Tamiz	162

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

P+L, Producción Más Limpia.

NTP, Norma técnica peruana

CAS, Chemical Abstracts Service

FCC, Food Chemical Codex

FDA, Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU.

CP, capacidad de proceso

ICP, CPK, Índice de capacidad del proceso

UTM, Universal Transverse Mercator

INTRODUCCIÓN

La presente tesis es el resultado de un estudio de investigación para la implementación de la metodología de Producción Más Limpia, en una empresa productora de sal para consumo humano y para el consumo industrial. Los estudios fueron realizados durante los años 2010 y 2011, periodo en que los dos autores de esta tesis laboraban en la organización.

La tesis esta dividida en 8 capítulos a través de las cuales se ha desarrollado las 5 etapas que establece la Guía para la Implementación de Producción Más Limpia GP 900-200:2007 de INDECOPI.

El Capítulo I, detalla conceptos bases propios de la cadena productiva industrial y usos del Cloruro de Sodio; así también los correspondientes conceptos de gas natural como fuente energética.

En el Capítulo II, se inicia con el Programa de Producción Más Limpia. Empieza con el Planeamiento y Organización (1ra. Etapa). Se define: el alcance, los objetivos generales, establecimiento del Comité de Producción más Limpia y las recomendaciones para superar algunas limitaciones que faciliten su implementación.

La 2da. Etapa - Diagnóstico de Producción Más Limpia, se desarrolla en los Capítulos III y IV. El Capítulo III describe en forma detallada la Organización y sus áreas de influencia, el medio Físico y Biológico. La descripción del proceso productivo: extracción, cristalización, lavado, refinación, almacenamiento y por último el despacho de la sal. También muestra información de consumos y costos de la energía eléctrica, diesel y agua requeridos para el proceso productivo, evidenciando que en las tres principales áreas de producción: cosecha-extracción, lavado y refinación, donde no hay un adecuado control operacional con respecto al uso de algunos recursos, destacando principalmente el combustible. Para terminar con el Capítulo III, se menciona el origen, cantidad y calidad de las emisiones

atmosféricas, efluentes y residuos sólidos generados en la Planta, información que va a servir para determinar las áreas prioritarias dentro de la Organización.

El objetivo del Capítulo IV, es pre seleccionar las opciones de P+L, para lo cual se desarrolla diagramas de flujo de los procesos, asimismo se establece las áreas prioritarias con sus respectivos procesos/operaciones unitarias (ver cuadro 39). Se determina las Causas de los Flujos Contaminantes y de las ineficiencias en las áreas prioritarias seleccionadas (ver cuadro 45), para luego desarrollar 16 opciones de Producción más Limpia que son evaluadas de acuerdo al método de EVALUACIÓN DE OPCIONES - MÉTODO DE LA SUMA PONDERADA, Anexo H de la GP 900.200:2007 Guía para la Implementación de Producción Más Limpia, resultando sólo 7 opciones pre seleccionadas (ver cuadro 50).

En el Capítulo V se desarrolla la 3ra. Etapa: Estudio Técnico, Económico y Ambiental. Se establece la metodología que permite evaluar y analizar las posibilidades técnicas, económicas y ambientales de las 7 opciones pre seleccionadas. Como resultado de este estudio quedó definido tres opciones de P+L:

- Cambio de Matriz Energética: Uso de Gas natural.
- Cambio en la Tecnología: Repotenciación del Secador Rotatorio.
- Cambio en la Tecnología: Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.

La Implementación y Seguimiento de las 3 Oportunidades de Producción Más Limpia seleccionadas se detalla en el Capítulo VI, que corresponde a la 4ta. Etapa de la Metodología para la Implementación de P+L.

Finalmente, la 5ta. Etapa: Mejora Continua que se desarrollan en los Capítulos VII y VIII, anotan las Conclusiones y Recomendaciones para una Producción Más Limpia en la Planta Refinería de Sal – Salinas de Huacho.

JUSTIFICACIÓN

El trabajo en su calidad de tesis se desarrolló con la finalidad de proponer a la Planta de Refinería de Sal – Salinas Huacho logre lo siguiente:

- **Mejoras en la productividad y la rentabilidad:** los cambios a efectuarse en la producción conllevan a un aumento en la rentabilidad, debido a un mejor aprovechamiento de los recursos y a una mayor eficiencia en los procesos, entre otros.
- **Mejoras en el desempeño ambiental:** un mejor uso de los recursos reduce la generación de residuos, los cuales pueden, en algunos casos, reciclarse, reutilizarse o recuperarse. Por consiguiente, se reducen costos y se simplifican o mejoran las técnicas requeridas para el tratamiento al final del proceso y/o mejora la disposición final de los residuos.
- **Mejoras en la imagen:** por ser amigables con el ambiente. Incremento del valor agregado del producto final, debido a la exigencia de mercados que incluyen dentro de sus requerimientos de compra la variable ambiental.
- **Mejoras en el entorno laboral:** contribuye a la seguridad industrial, higiene, relaciones laborales, motivación.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la tesis se empleó la metodología de la Guía de Implementación de un Programa de Producción Más Limpia, que establece 5 etapas:

- 1ra. Etapa: Planeamiento y organización.
- 2da. Etapa: Diagnóstico de Producción Más Limpia.
- 3ra. Etapa: Estudio Técnico, Económico y Ambiental.
- 4ta. Etapa: Implementación y seguimiento de las oportunidades de Producción Más Limpia.
- 5ta. Etapa: Mejora Continua.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

Para un mejor entendimiento y desarrollo del estudio, se ha considerado necesario establecer ciertos conceptos de base:

1.1. Producción Más Limpia: (PML)

Producción Más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada para los procesos, productos y servicios con el objetivo de incrementar la eficiencia integral de la organización y reducir los riesgos sobre la población humana y el ambiente. Puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier organización, para productos y servicios diversos brindados dentro de la sociedad.

En los procesos productivos resulta de uno o la combinación de:

- La conservación y ahorro de materias primas, agua y energía y otros insumos.
- La eliminación de materias primas e insumos tóxicos y peligrosos mediante su sustitución, con el fin de reducir los impactos negativos que acompañan su extracción, almacenamiento, uso o transformación.
- Reducción en la fuente de la cantidad y toxicidad del total de las emisiones y residuos durante el proceso productivo.

En los productos está dirigido a:

- La reducción de los impactos del producto en el ambiente, la salud y la seguridad durante su ciclo de vida, desde la extracción de la materia prima, su manufactura y su disposición final de uso humano ó industrial.

En los servicios está dirigido a:

- La incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y prestación del servicio.

1.2. Ecoeficiencia

Producción de bienes y servicios a niveles competitivos a la par de una reducción sistemática del consumo de recursos y de la generación de contaminantes.

1.3. Mejor tecnología disponible (*Best Available Technology* - BAT):

Son los medios más eficaces y avanzados para el desarrollo de las actividades productivas y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límites de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea aplicable, reducir en general las emisiones y el impacto ambiental.

En este contexto, se definen los siguientes términos:

- Tecnologías: técnicas, métodos y procedimientos utilizados, incluyendo el diseño de la instalación y la forma de su construcción, uso, mantenimiento y abandono.
- Mejoras tecnológicas: las técnicas más eficaces para proteger el ambiente en su conjunto.
- Disponibilidad de las técnicas accesibles en el mercado, cuya utilización permita la producción de bienes y servicios bajo condiciones competitivas, tanto en sus aspectos de: proceso, equipos y económicos.

1.4. Cloruro sódico (NaCl)

El cloruro sódico, más conocido como sal común, es un compuesto formado por sodio y cloro. Su fórmula es NaCl. Su estado físico en temperatura ambiente es de un sólido blanco cristalino. Sus características más destacables son:

- su marcado sabor salado.
- su fácil disolución en agua.

- su forma indefinida.

Se puede encontrar fácilmente en el agua de mar, evaporando el agua y dejando solo la sal.

En el cuadro 1 se muestra las propiedades (físicas y químicas) del cloruro sódico.

Cuadro 1: Propiedades Cloruro de Sodio

General	
Nombre	Cloruro sódico
Fórmula química	NaCl
Apariencia	sólido blanco o claro
Físicas	
Peso molecular	58,4 uma
Punto de fusión	1074 K (801 °C)
Punto de ebullición	1738 K (1465 °C)
Densidad	$2,2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
Estructura cristalina	f.c.c.
Solubilidad	35,9g en 1000g de agua

El contenido de gramos de sal por litros de agua marina varía según la profundidad, evaporación, precipitación y movimiento de las corrientes marinas. La salinidad en la corriente peruana aumenta desde el sur hacia el norte a causa de la evaporación que se produce con los vientos y el incremento de la temperatura por la proximidad a la línea Ecuatorial. Los valores de la salinidad en el mar peruano, varía entre los 34.8 y 34.9 gr/L desde Arica hasta la altura de San Gallán (península de Paracas), incrementándose a 35 gr/L hasta el Callao; desde Callao hasta Punta Aguja (Piura) la salinidad sube a 35.10 gr/L.¹

¹ Geografía del Perú, Alba Walter, 2007, Editorial San Marcos.

1.5. Cristalización de la sal común

Los componentes principales de agua natural del mar que determinan las propiedades de solubilidad son: Na^+ , K^+ , M^{2+} , Cl^- y el SO_4^{2-} . La figura 1 muestra los datos para la composición inicial de agua de mar, así como para los cambios en las concentraciones de los componentes por evaporación. Por lo general se asume que los principales componentes presentes en el agua de mar muestran constantes las proporciones relativas. Esto significa que las variaciones en la composición del agua de diferentes mares se deben sólo a los cambios en la cantidad de agua presente. De ello se desprende que el diagrama composición - densidad mostrado es válido para todos los tipos de agua de mar.

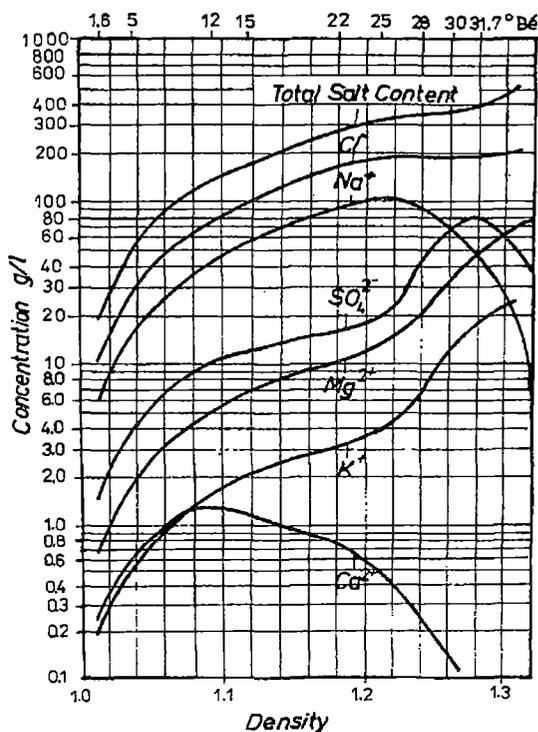


Figura 1: Composición – Densidad: Cambios durante evaporación de agua de mar a 25 °C. ²

² Fuente: Chr. Balarew Institute of General and Inorganic Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences. Solubilities in seawater-type systems: Some technical and environmental friendly applications (1993)

Cuando el agua de mar se evapora, las primeras sales en precipitar son el carbonato de calcio y algunas cantidades de carbonatos de magnesio. El sulfato de calcio comienza a precipitar cuando la solución tiene una densidad de $1,09 \text{ g/cm}^3$ (ver figura 1, la curva de Ca^{2+} , decrece en concentración) y se cristaliza principalmente en el intervalo de $1,10$ ($13.18 \text{ }^\circ\text{Be}$) a $1,21$ ($25.17 \text{ }^\circ\text{Be}$) g/cm^3 . **La cristalización de cloruro de sodio comienza con una densidad de $1,2185$ ($26 \text{ }^\circ\text{Be}$) g/cm^3** (ver figura 1, la curva de Na^+ , decrece en concentración)

Los cristales de sal marina obtenida hasta $1,225 \text{ g/cm}^3$ ($26.63 \text{ }^\circ\text{Be}$) contienen impurezas de sulfato de calcio. Los cristales más puros de NaCl son obtenidos en el rango de densidades de $1,225$ ($26.63 \text{ }^\circ\text{Be}$) y $1,235$ ($27.59 \text{ }^\circ\text{Be}$) g/cm^3 .

Una gran cantidad de sulfato de magnesio cristaliza junto con la sal del mar por encima de una densidad de solución de $1,235 \text{ g/cm}^3$ ($27.59 \text{ }^\circ\text{Be}$). La producción de sal de mar se realiza normalmente hasta densidades de $1,245 - 1,25 \text{ g/cm}^3$ ($28.53 - 29.0 \text{ }^\circ\text{Be}$).

1.6. Usos de la sal

La sal, como ingrediente básico en la dieta y como materia prima de multitud de procesos industriales, tiene un campo de aplicaciones muy amplio, cuyos beneficios revierten de forma directa en el bienestar y en la calidad de vida del ser humano. Sus tres grandes aplicaciones pueden dividirse entre: uso alimentario, uso industrial y uso vial, en control de acumulación de nieve en carreteras.

Uso alimentario

Relacionada con el consumo humano, la sal es fundamental para resaltar y potenciar de forma natural el sabor de los alimentos. Además de esta

cualidad organoléptica que la ha hecho universalmente popular, la sal tiene otras muchas propiedades:

- La capacidad de la sal como conservante y preservativo ha sido fundamental para el desarrollo humano a lo largo de la historia, ya que permitía la preservación de los alimentos.
- La sal actúa como aglutinante de otros ingredientes en los procesos alimentarios.
- La sal funciona como sustancia que permite controlar los procesos de fermentación de determinados alimentos.
- La sal se utiliza para dar textura a los alimentos y así hacerlos más agradables al tacto y visualmente más atractivos y apetitosos.
- La sal se utiliza para desarrollar el color de múltiples alimentos, haciéndolos más agradables a la vista.
- La sal es un agente deshidratador y ablandador de muchas materia primas alimentarias.

De forma particular sus usos más comunes, tanto para la industria alimentaria como a nivel doméstico, están relacionados con:

Carnes

La sal se agrega a las carnes principalmente como un ingrediente conservante que inhibe el crecimiento de bacterias. Su papel como agente aglutinante, ablandador y capaz de proporcionar color permite ofrecer al consumidor una presencia más compacta y atractiva en todos los embutidos tradicionales y en las carnes frescas preparadas y aliñadas.

Panificadoras y productos de panadería y pastelería

Los fabricantes de cereales y harinas de trigo y arroz emplean la sal como corrector del sabor, tanto si esta materia prima va destinada al sector panadero como al pastelero. A su vez, la sal resulta un ingrediente fundamental en la elaboración del pan para controlar el grado de fermentación

de la masa. Además, hace más sabroso y palatable este alimento universal, tan importante en la dieta.

Productos lácteos

En la elaboración de estos productos básicos en la dieta como quesos, margarinas, mantequillas o cremas la sal se utiliza para controlar la fermentación y para mejorar el color, textura y sabor de estos preparados.

Conservas, encurtidos, ahumados y salazones

Estos sectores, íntimamente ligados al empleo de la sal desde su existencia, utilizan este ingrediente para garantizar la conservación natural y la seguridad alimentaria de sus preparados. El característico sabor que les aporta la sal a estos productos es también una de las cualidades más apreciadas por los consumidores.

Alimentación animal

La sal también se emplea como ingrediente en la fabricación de piensos para todo tipo de animales, desde el ganado hasta los animales de compañía.

Uso industrial

Industria química

La sal se utiliza de forma generalizada en la industria química y tiene una especial importancia para el sector de producción de compuestos y derivados cloroalcalinos. Se parte de preparados de salmueras de cloruro sódico para obtener el cloro y la sosa cáustica, dos elementos básicos para el sector.

El cloro se utiliza para la fabricación de plásticos como el PVC, una presencia constante en nuestra vida cotidiana en productos tan dispares como revestimientos de paredes, embalajes médico-sanitarios, juguetes, botellas, muebles o estructuras de ordenadores, por citar sólo algunas. También se

emplea en la fabricación de colorantes, plaguicidas, disolventes, medicamentos y fitosanitarios.

Por su parte, la sosa cáustica es una base extremadamente importante para la industria química que se utiliza para la producción de papel, aluminio, fibras, textiles, jabones o detergentes, entre otros.

Tratamiento de aguas

En el tratamiento de aguas la sal desarrolla un papel fundamental, tanto en la modificación de la dureza del agua potable gracias a la adición de iones de sodio, como en su papel de desinfectante a través del cloro.

Exploración de petróleo y gas

La sal se usa como en la exploración y detección de estas fuentes de energía para aumentar la densidad de los fluidos de perforación, para evitar la disolución de horizontes salinos y para aumentar la velocidad de cementación del utilizado en la perforación.

Procesado de metales

En las fundiciones, refinerías y fábricas de metales ferrosos y no ferrosos la sal se utiliza en los procesos de manufactura de materias primas tan necesarias como el aluminio, el berilio, el cobre, el acero y el vanadio, entre otros.

Celulosa

La sal se emplea para blanquear o decolorar la pulpa de madera de la que se extrae la celulosa y que, posteriormente, sirve para diversas aplicaciones industriales de importancia como la fabricación del papel, el rayón o las fibras sintéticas.

Industria textil

Es utilizada en forma de soluciones saturadas (salmueras) para separar los contaminantes orgánicos en las fibras. Además, la sal se mezcla con los colorantes para estandarizar los concentrados y favorecer la absorción de los colorantes para unificar las telas.

Curtidurías

En estas industrias dedicadas a la fabricación de productos en piel (ropa, bolsos, etc.), la sal ha sido tradicionalmente empleada para inhibir la acción microbiana en el interior de las pieles, así como para restarles humedad.

Uso Vial

En primer lugar, se emplea en la construcción de las carreteras para dar firmeza al terreno. En segundo lugar, la sal se utiliza para controlar y potenciar el deshielo en calles y carreteras disminuyendo el punto de congelación del agua.

1.7. Definición y clasificación de la sal de consumo humano

La sal de consumo humano es el producto cristalino que contiene predominantemente cloruro de sodio (NaCl), la cual se emplea en la elaboración y aderezo de los alimentos para consumo humano y en la industria alimentaria como agente conservador, saborizante y en general como aditivo en el procesamiento de los alimentos. La sal de consumo humano se clasifica en:

Sal de mesa: Es la sal yodada y fluorada de venta directa para consumo humano, refinada, de granulometría uniforme, con o sin adición de antihumectantes que aseguren su conservación por un periodo mínimo de seis meses y que cumple con los requisitos de calidad e inocuidad establecidos en la Norma técnica peruana NTP 209.015.2006.³

³ NTP 209.015.2006, Norma técnica peruana - Sal para consumo humano. Esta norma define las características y establece los requisitos que debe cumplir la sal para consumo humano directo.

Sal de cocina: Es la sal yodada y fluorada de venta directa para consumo humano, de granulometría grosera, con o sin adición de antihumectantes y que cumple con los requisitos de calidad e inocuidad establecidos en la NTP 209.015.2006.

Sal de Uso en la Industria Alimentaria: Es la sal de consumo humano indirecta utilizada en la fabricación de alimentos. La industria alimentaria deberá utilizar la sal fortificada con yodo y flúor, siempre y cuando no altere la calidad e inocuidad del producto y aporte un beneficio nutricional en el producto final.

1.8. Requisitos de la sal de consumo humano

Toda sal de consumo humano deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Generales: Debe presentarse bajo la forma de cristales blancos agrupados y unidos. La granulación deberá ser uniforme de acuerdo con su clasificación.

Organolépticas y físico-químicas: Todos los requisitos indicados en la Norma Técnica Peruana 209.015.2006.

Microbiológicas: Exenta de coliformes.

Todos los aditivos que se empleen deben ser de uso alimentario y estar permitidos por el Codex Alimentarius ⁴ y en las dosis máximas que éste señala.

No excederá los límites máximos permitidos por el Codex Alimentarius de Arsénico, cobre, plomo, cadmio y mercurio.

1.8.1. Fortificación de la sal

Toda sal de consumo humano debe estar fortificada con yodo y flúor, con las sustancias químicas en los niveles indicados en el cuadro 2.

⁴ Normas internacionales de los alimentos, destinadas a proteger la salud de los consumidores y garantizar la aplicación de prácticas leales en el comercio de alimentos.

Cuadro 2: Contenido de Yodo y Flúor de la Sal Consumo Humano

Micro nutriente	Fuente	Contenido de yodo y flúor en sal	Método de Adición
Yodo	Yodato de Potasio (KIO ₃)	30 a 40 ppm (ó mg/kg de sal)	Vía Húmeda
Flúor	Fluoruro de Potasio (KF)	200 a 250 ppm (ó mg/kg de sal)	Vía Húmeda

Fuente: Reglamento técnico para la fortificación de la sal para consumo humano con yodo y flúor – MINSA 1998

Los insumos fortificantes de yodo y flúor deben ser de uso alimentario y cumplir las especificaciones técnicas que se indican en los cuadros 3 y 4:

Cuadro 3: Propiedades del Fluoruro de Potasio

Fluoruro de Potasio Grado FCC⁵ (Grado alimentario)	
CAS	7729-83-3
Formula	KF
Peso molecular	58.09
Descripción	Polvo blanco cristalino
Pureza	99% como mínimo
Estabilidad	Estable bajo condiciones normales
Metales Pesados como Pb	Según Codex o FDA ⁶
Arsénico	Según Codex o FDA
Clorato	Pasa test FCC

Fuente: Reglamento técnico para la fortificación de la sal para consumo humano con yodo y flúor – MINSA 1998

⁵ FCC, Food Chemical Codex

⁶ FDA, Agencia de Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU.

Cuadro 4: Propiedades del Yodato de Potasio

Yodato de Potasio Grado FCC (Grado alimentario)	
CAS	7758-05-6
Formula	KIO ₃
Peso molecular	214
Descripción	Polvo blanco cristalino (Food chemical codex)
Pureza de yodato KIO ₃ (Base seca)	99.8% como mínimo
Metales Pesados como Pb	Según Codex o FDA
Arsénico	Según Codex o FDA
Clorato	Pasa test FCC
Yodo	Pasa test FCC
Pérdida por secado a 105°C	Max. 0.5%
Solubilidad en agua	4.52 a 0°C/100ml de agua
Gravedad específica (agua=1)	3.9
PH	5 a 7
Olor	No presenta olor

Fuente: Reglamento técnico para la fortificación de la sal para consumo humano con yodo y flúor – MINSA 1998

IMPORTANCIA DEL YODO Y EL FLÚOR EN EL SER HUMANO⁷:

Yodo:

Es un micronutriente esencial para el correcto funcionamiento de la glándula tiroides. La falta de yodo en la alimentación puede afectar a las personas en las distintas etapas de la vida.

Durante la gestación se manifiesta en malformaciones fetales o daño cerebral irreversible en los recién nacidos.

En los niños la falta de yodo se refleja como retardo mental, neuromotor y pérdida significativa de la capacidad de aprendizaje.

En las personas adultas es causa de enfermedades tales como: bocio, hipotiroidismo, alteraciones del aparato reproductor e incremento de abortos.

Flúor:

El flúor es un elemento químico que se añade a los dientes y a los huesos. Su carencia se refleja en problemas de caries dental que afectan a la gran mayoría de niños y adultos, siendo común en varios países debido al creciente consumo de azúcares y a una ingesta insuficiente de flúor.

La caries afecta la calidad de vida de las personas por el dolor, sufrimiento y deterioro funcional que causa, además, su tratamiento es costoso.

Adicionalmente en el Anexo 1, se indican las Normas Técnicas para la producción de la Sal.

⁷ Información extraída del Instituto de la Sal

1.8.2 Especificaciones de la sal para consumo humano

En el cuadro 5 se presentan las especificaciones de la sal para consumo humano de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 209.015.2006.

Cuadro 5: Especificación Técnica Sal para Consumo humano

Requisitos	Sal de Mesa	Sal de Cocina
Características Organolépticas		
1.- Aspecto	Granuloso, fino, uniforme, libre de sustancias extrañas visibles	Granuloso y libre de sustancias extrañas visibles
2.- Color	Blanco	Blanco
3.- Olor	Inodoro	Inodoro
4.- Sabor	Salado Característico	Salado Característico
Características Físico-químicas		
1.- Humedad %, máx.	0,5 %	0,5 %
2.- Pureza %, mínimo	99,1 %	99,1 %
3.- Granulometría: debe pasar		
Tamiz ITINTEC 2.00 mm (N° 10) Mín.		75 %
Tamiz ITINTEC 595 µm (N° 30) Mín.	80 %	
Tamiz ITINTEC 177µm (N° 80) Máx.	20 %	30 %
4.- Sustancias Impermeabilizantes totales agregadas %, Máx.	1,0 %	1,0 %
5.- Impurezas		
Impurezas insolubles en agua, Máx.	0, 10 %	0, 15 %
Sulfato (SO ₄), Máx.	0,3 %	0,4 %
Calcio (Ca ⁺⁺), Máx.	0,15 %	0,2 %
Magnesio (Mg ⁺⁺), Máx.	0,15 %	0,2 %
Plomo (Pb), Máx.	2, 0 mg/kg	2, 0 mg/kg
Cadmio (Cd), Máx.	0, 5 mg/kg	0, 5 mg/kg
Cobre (Cu), Máx.	2, 0 mg/kg	2, 0 mg/kg
Arsénico (As), Máx.	0, 5 mg/kg	0, 5 mg/kg
Mercurio (Hg), Máx.	0,1 mg/kg	0,1 mg/kg
Hierro (Fe), Máx.	10 mg/kg	10 mg/kg
Bario (Ba ⁺⁺)	Exenta	Exenta
Materias nitrogenadas	Exenta	Exenta
Boratos	Exenta	Exenta

Nota.- Los requisitos sólo de pureza del cloruro de sodio estarán referidos y estarán dados a base seca.

Fuente: Reglamento técnico para la fortificación de la sal para consumo humano con yodo y flúor – MINSA 1998

1.9. Capacidad de proceso (Cp)

La capacidad del proceso es la aptitud del proceso para producir productos dentro de los límites de las especificaciones de calidad. Está definida como:

$$\text{Capacidad del proceso} = 6\sigma$$

6σ = Desviación estándar de proceso bajo control estadístico, es decir sin cambios ni desviaciones repentinas.

La mayor parte de los procesos industriales, especialmente en las industrias de procesos físicos/químicos, funcionan bajo estado y control estadístico. Para estos procesos, la capacidad del proceso calculada de 6σ puede ser comparada diferente a las especificaciones y se puede hacer juicio sobre su adecuación. Sin embargo la mayoría de los procesos industriales muestran desviaciones y cambios repentinos. Estas desviaciones de lo ideal son un hecho real y deben tenerse en cuenta en el momento de calcularse los índices de capacidad del proceso.

1.10. Índice de capacidad del proceso (icp, cpk)

El índice de capacidad del proceso, Cpk, también denominado ratio de capacidad del proceso, es un cálculo estadístico sobre la capacidad del proceso: La capacidad de un proceso para producir un resultado dentro de unos límites predefinidos. El concepto de capacidad del proceso es solo válido para procesos que están sometidos a control estadístico. Este índice juega un papel fundamental en las plantas de producción a la hora de demostrar que un proceso (ej. de producción de tornillos) es fiable y está bajo control.

El índice de capacidad del proceso se expresa de la siguiente manera:

$$ICP = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}$$

Donde: ICP: Índice de Capacidad del Proceso
 LSE: Limite superior Especificado
 LIE: Limite inferior Especificado
 σ : Desviación estándar de los datos individuales

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Donde:

\bar{R} = Promedio de los rangos de la carta de control.
 d_2 = Constante de cálculo.

El ICP puede asumir varios valores, que se clasifican entre valor 1 y valor 4 según sea la habilidad del proceso para cumplir con las especificaciones:

Cuadro 6: Rangos del Índice de Capacidad de Proceso

ICP	Clase de proceso	Decisión
ICP>1.33	1	Más que adecuado, incluso puede exigirse más en términos de su capacidad.
1<ICP<1.33	2	Adecuado para lo que fue diseñado. Requiere control estrecho si se acerca al valor de 1
0.67<ICP<1	3	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial.
ICP<0.67	4	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial.

Fuente: Control Estadístico de Procesos (SPC) - José Francisco Vilar Barrio - 2005 España

1.11. Usos del Gas Natural y sus condensados

Se cita a continuación los usos tradicionales del gas natural:

- Combustibles alternos a los derivados petróleo: GLP, condensado del gas natural reemplaza al kerosene.
- Generación energía eléctrica
- Insumo industrial: Manufactura hierro esponja.
- Materia Prima: En industria de fertilizantes nitrogenados (amoniaco y urea) y en la manufactura de metanol.

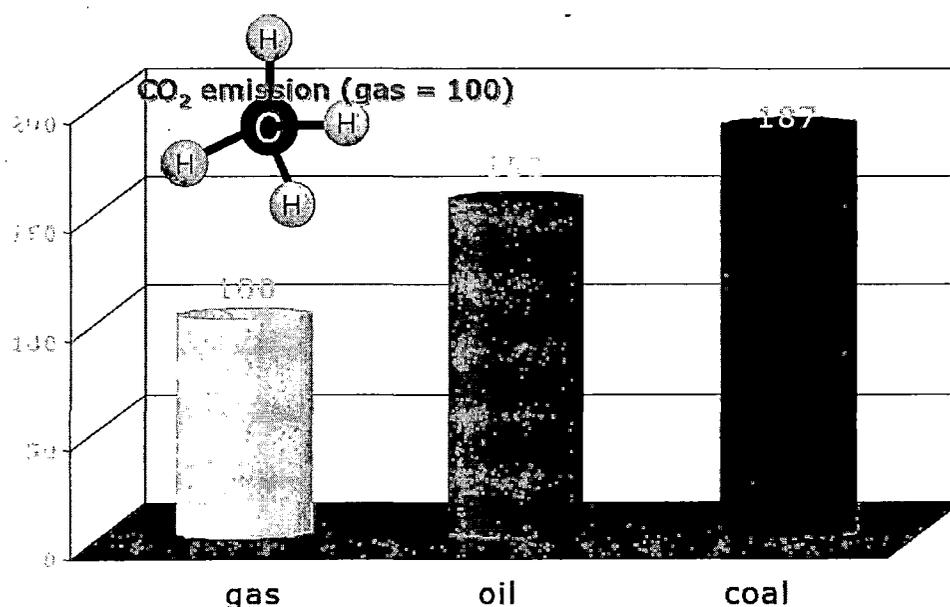


Figura 2: Emisiones de CO₂ por combustible

Fuente: Separata Curso Gas Natural FIQT UNI – Jaime Santillana Soto – 2007 Lima Perú.

1.12. Nuevos Usos del Gas Natural

- **Tecnología GTL:** Es la manufactura de combustibles líquidos sintéticos tanto por métodos indirectos Fisher Tropsch como en la conversión directa de gas natural a combustibles.
- **Gas Natural Comprimido (CNG, GNV):** Es una forma de transportar y emplear el Gas Natural Seco.
- **Gas Natural Licuefactado (LNG):** El gas se licuefacta, transporta en B/T como líquido, se reconvierte en gas en destino y se emplea como gas nuevamente.
- **Base para Industria Petroquímica de clase Mundial:** Poliolefinas (polietilenos, cloruro de polivinilo, poliestireno), etilenglicol, ácido acético.

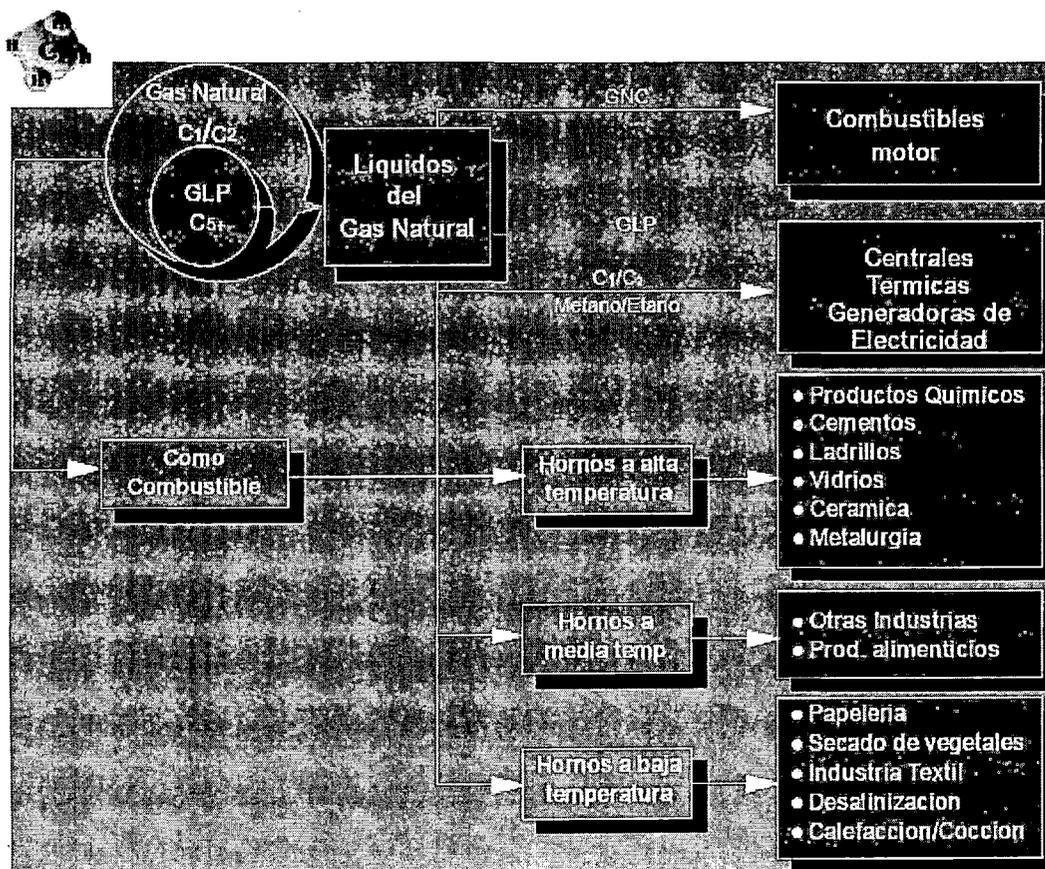


Figura 3: Usos del Gas Natural en la Industria

Fuente: Separata Curso Gas Natural FIQT UNI – Jaime Santillana Soto – 2007 Lima Perú.

1.13 Gas Natural: Generación de energía

Un uso industrial del gas natural es la generación de energía en procesos productivos a menor costo y con la continuidad necesaria para mejorar la productividad y competitividad de las empresas. Los principales beneficios son:

- Ahorro de hasta 30% en costos de combustibles (petróleo, diesel, residual 500 y GLP)
- Desde el punto de vista del mantenimiento, una industria podrá prescindir del costoso y problemático almacenamiento de combustibles líquidos como de las limpiezas de calderos y filtros gracias a las calidades de la combustión del gas natural.
- Reducción drástica de la contaminación por reemplazo de combustibles contaminantes por gas natural.
- Menor tiempo de parada de la planta por concepto de mantenimiento.
- No cambios de válvulas.
- Servicio las 24 horas, 365 días del año y pago posterior al consumo.



Figura 4: Diagrama de Uso de Gas Natural en la Industria

Fuente: *Separata Curso Gas Natural FIQT UNI – Jaime Santillana Soto – 2007 Lima Perú.*

CAPÍTULO II. ALCANCE Y PLANEAMIENTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

2.1 Alcance

El Programa de Producción Más Limpia se implementará y mantendrá en la Planta Salinas de Huacho, ubicada a la altura del Km 130 de la Panamericana Norte, en el distrito de Santa María – Huacho, provincia de Huaura, departamento de Lima.

2.2 Establecimiento de comité de producción más limpia

El compromiso de la Alta Dirección es la fuerza impulsora para el desarrollo de un programa de Producción Más Limpia, implica disponer de recursos materiales, humanos y financieros para lograr sus objetivos.

Son responsabilidades de la Alta Dirección:

- Constituir un Comité de Producción Más Limpia que sea responsable de la implementación y coordinación de las actividades del programa.
- Nombrar como responsable del comité a una persona que tenga la jerarquía y la autoridad suficiente para garantizar la realización del programa.
- Garantizar los recursos económicos y humanos necesarios para el apoyo del programa.
- Difundir las metas del programa en la organización y estimular la participación y el interés de todos los trabajadores.

En la Planta Salinas de Huacho, se estableció el Comité de P+L, el cual está conformada por el Gerente de Producción, el Superintendente de Planta, el jefe de producción, jefe de mantenimiento y los supervisores.

2.3 Objetivos Generales

Como resultado de la aplicación del Programa de Producción Más Limpia se debe alcanzar los siguientes objetivos generales:

- Proponer y evaluar soluciones tecnológicas de proceso y de equipo para incrementar la eficiencia de producción de la Refinería de Sal de la Planta Salinas de Huacho.
- Reducir los riesgos de contaminación sobre la población y el ambiente, después de la implementación de las alternativas de Producción Más Limpia.

2.4 Barreras y soluciones en la implementación

Entre las principales limitaciones que pueden encontrarse se tiene:

- Actitud pesimista de la Alta Dirección y personal frente a posibles cambios en los procesos de producción.
- Falta de información sobre los beneficios de la aplicación de Producción Más Limpia.
- Falta de recursos económicos para comprar nuevos equipos o mejorar instalaciones.
- Falta de comunicación interdepartamental y de trabajo en equipo
- Falta de personal técnico adecuado para implementar cambios de procesos.
- Carencia de información técnica.

Algunas actividades recomendadas para superar las limitaciones u obstáculos que surgen en la implementación de un Programa de Producción Más Limpia son:

- Sensibilización y capacitación del personal sobre la metodología y los beneficios económicos, técnicos y ambientales logrados en programas de otras organizaciones.
- Búsqueda y evaluación de líneas de crédito en entidades financieras, sabiendo que la inversión se recuperará con la implementación del Programa de Producción Más Limpia.
- Integración de los miembros de la organización como un equipo que mejorará las condiciones de P+L
- Mostrar las innovaciones tecnológicas logradas en otras organizaciones del mismo sector que hayan aplicado Producción Más Limpia.

**CAPÍTULO III.
LÍNEA A DE REFERENCIA
(DIAGNÓSTICO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA)**

3.1 Descripción de la empresa

La Planta Salinas de Huacho, produce sal para el consumo humano y para sus procesos químicos que se realizan en sus instalaciones industriales de Lima y Paramonga. Así mismo, proporciona sal para las operaciones de la Refinería de Sal - Huacho, donde se produce y envasa sal industrial y de consumo humano, alcanzando una producción total de 400,000 TM anuales de sal.

En la Planta Salinas de Huacho las actividades se desarrollan en una extensión aproximada de 200 Ha, donde la sal es obtenida por evaporación solar. Se trata de una reserva de características inagotables, sobre la cual se extienden más de 180 Ha de cristalizadores.

La información de la Planta Salinas de Huacho es:

Dirección:

Carretera Panamericana Norte, altura Km 130, distrito de Santa María, provincia de Huaura, departamento de Lima.

Coordenadas:

El área de emplazamiento posee las siguientes coordenadas (punto central de referencia):

Coordenadas: UTM
Datum: WGS 84
Zona: 18
Norte: 8 750 051
Este: 218 772

Área Total De Planta: 15,050.00 Ha

Área Construida: 15 Ha.

En la siguiente imagen satelital, Figura 5, se aprecia:

- El área de emplazamiento de Las Salinas Huacho.
- El área de influencia.
- Los principales puntos o lugares de referencia de la zona.

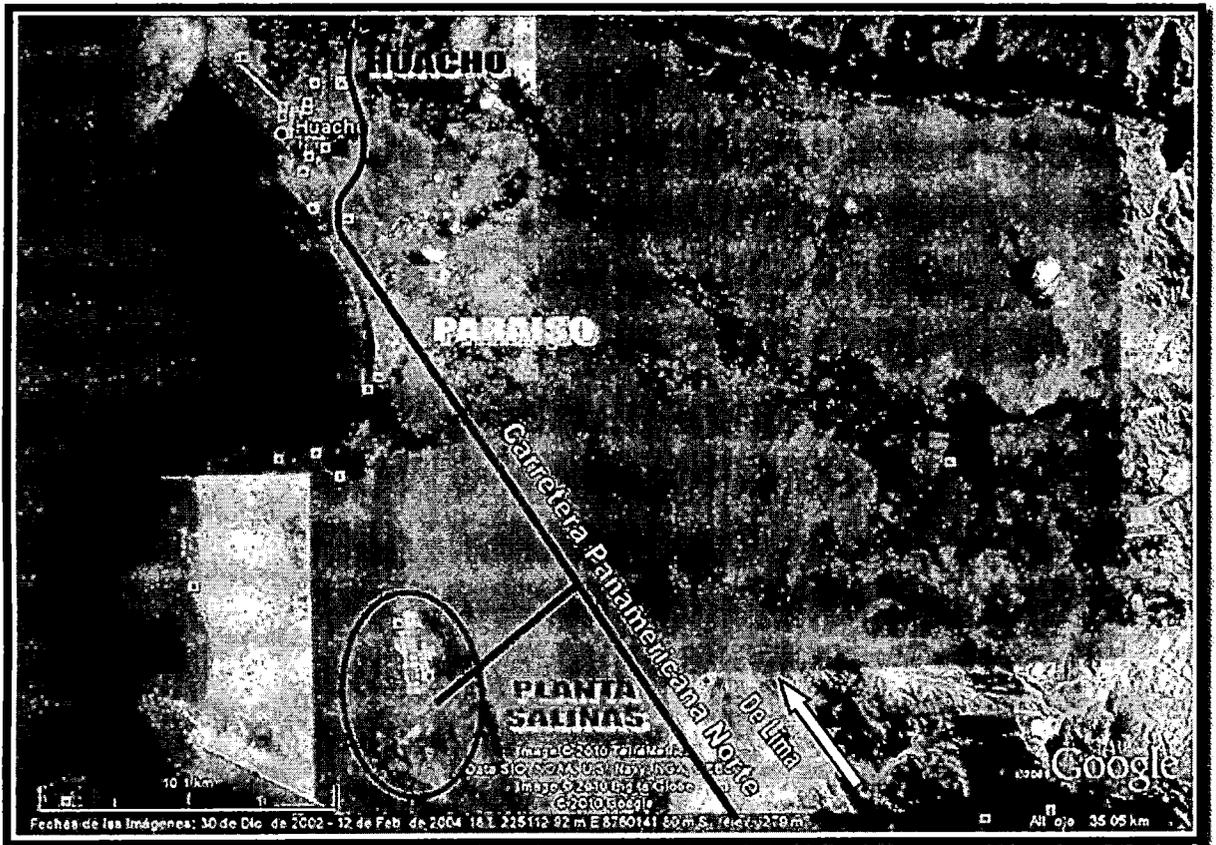


Figura 5: Imagen aérea de la ubicación de la planta .

Fuente: Google Earth 2010

Se observa que el área donde se realizan las actividades industriales, tiene los siguientes linderos:

- Hacia el lado Sur, zona desértica sin población.
- Hacia el lado Este, Carretera Panamericana Norte distante a 7 km.
- Hacia el lado Norte, el poblado Paraíso distante a 8 km.
- Hacia el lado Oeste, el Océano pacífico.

Tal como se puede apreciar en la figura 5, el área de la planta se desarrolla en una zona desértica.

Área de influencia directa

El área de influencia directa de Las Salinas de Huacho lo constituye la zona desértica colindante con el área donde se realizan las actividades industriales, en esta área que forma parte del área de concesión de la Empresa, no se realiza ninguna actividad humana.

Como criterio principal para la determinación del área de influencia se ha considerado la dirección predominante del viento local; la cual ha sido determinada mediante mediciones de los parámetros meteorológicos, correlacionadas con la dirección predominante a nivel zonal (dirección Sur).

Área de influencia indirecta

El área de influencia indirecta lo constituyen las zonas pobladas más próximas a las Salinas de Huacho, como son: el asentamiento Paraíso y la ciudad de Huacho.

El área de influencia indirecta se ha determinado desde el punto de vista social, dado que el personal que labora en la planta procede en su mayoría de la ciudad de Huacho, y por su cercanía, la Planta se provee de algunos materiales e insumos necesarios para la operación.

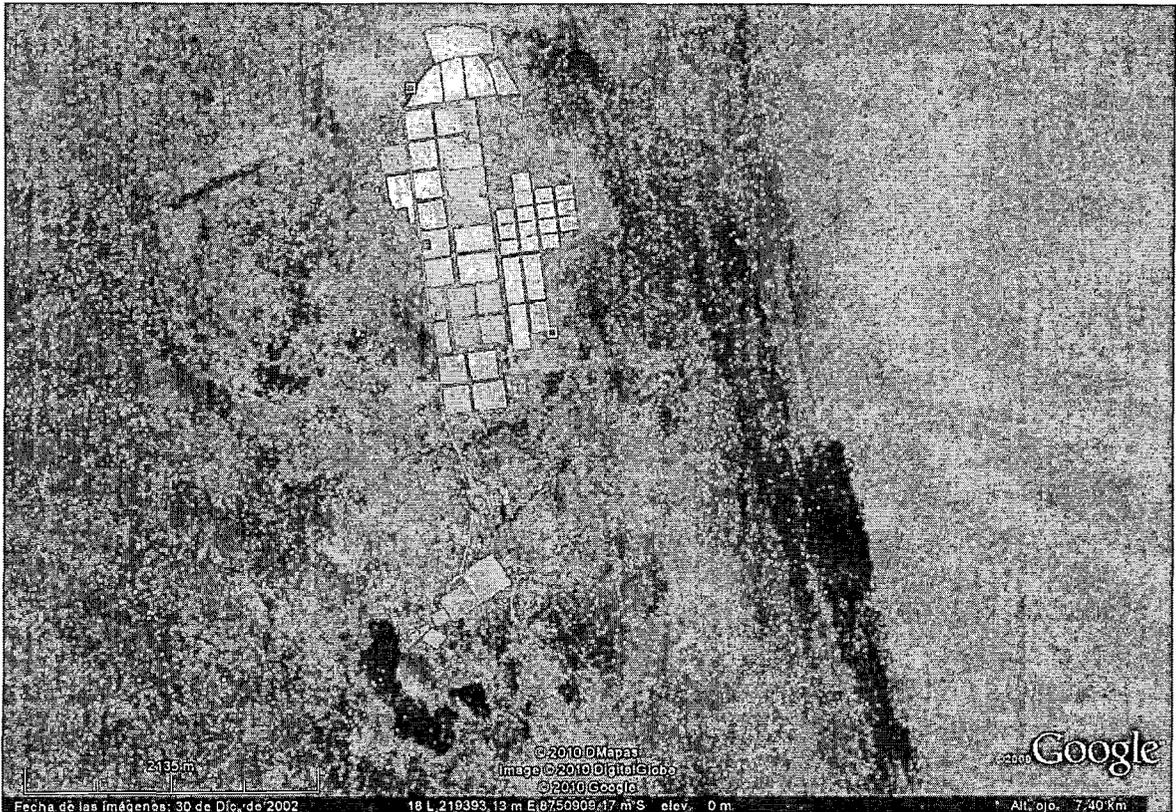


Figura 6: Imagen satelital del área de emplazamiento

Fuente: Google Earth 2010

Personal Empleado:

Empleados: 15

Obreros: 26

Contratas: 56

Turnos De Trabajo:

00:00 a 08:00 horas de L a S

08:00 a 16:00 horas de L a S

07:30 a 17:00 horas de L a V.

Documentos, Trámites y Licencias

La Planta Salinas de Huacho, cuenta con los siguientes documentos:

- Licencia Municipal N° 2440, otorgado por el Concejo Provincial de Huaura.
- Certificado de Verificación HACCP para la línea de consumo humano desde la recepción hasta el despacho.
- Resolución de Habilitación Sanitaria, otorgado por La Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA

Descripción de las Instalaciones

La Planta Salinas de Huacho está emplazada en una zona desértica, a la altura del Km 130 de la carretera Panamericana Norte. No existen muros que delimiten la concesión pero si letreros de límite.

Cuenta con los servicios necesarios para su funcionamiento tales como agua, desagüe, luz, teléfono, internet y vigilancia particular.

La planta esta dividida en las siguientes áreas:

- Zona de cristalizadores
- Plantas de lavado: 1, 2, 3 y 4.
- Almacén de sal lavada
- Planta refinería de sal
- Almacén de producto terminado
- Área de mantenimiento
- Almacén de aceites y combustibles
- Oficinas administrativas
- Laboratorio de control de calidad
- Comedor
- Almacén principal
- Almacén secundario
- SS.HH.

En la figura 7 se puede apreciar un plano de las instalaciones:

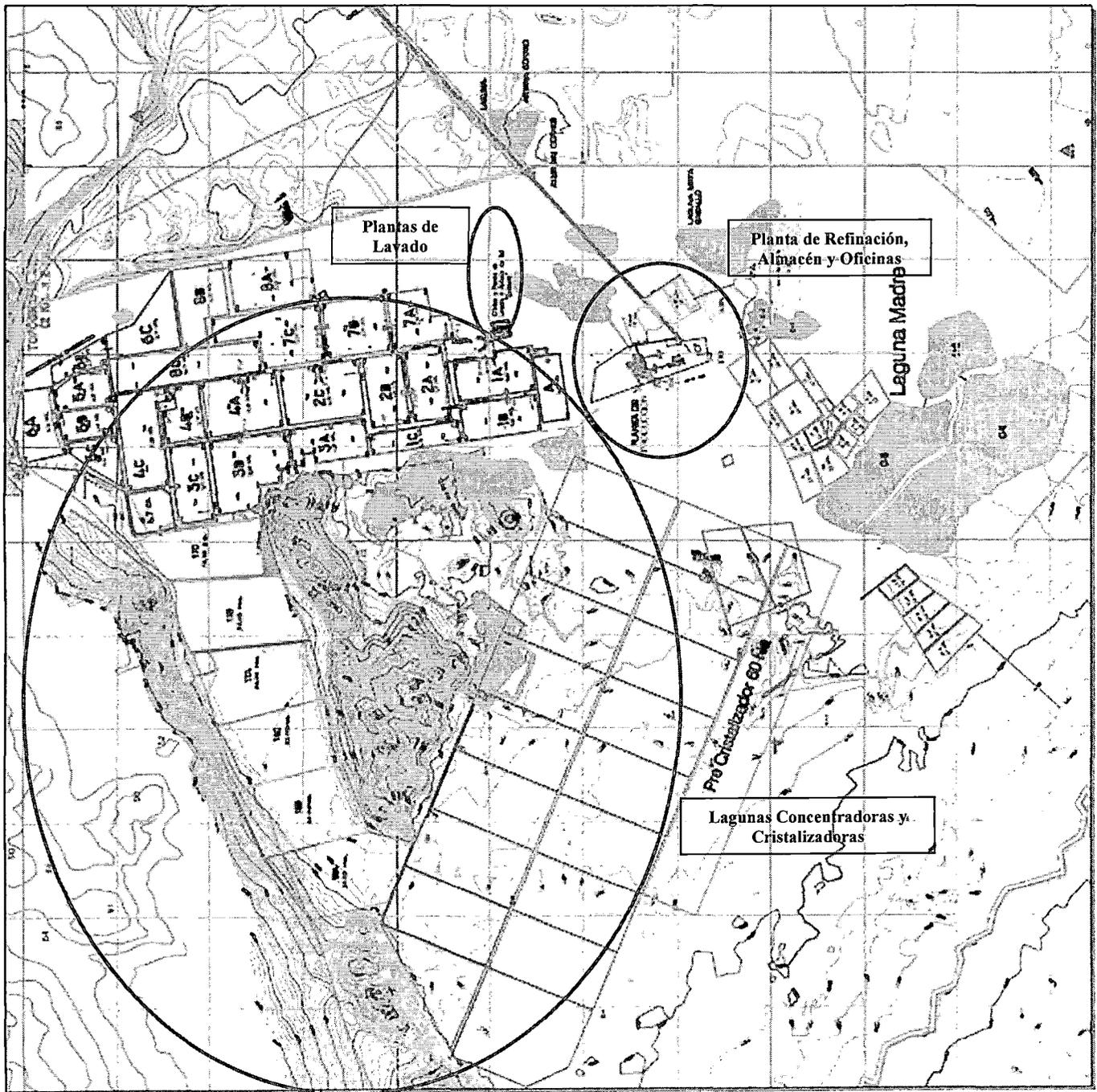


Figura 7: Plano de distribución de las instalaciones
Fuente: área de Operaciones – Planta Salinas de Huacho

3.1.1 Medio Físico

3.1.1.1 Clima

Las Salinas de Huacho, se ubica en la zona costera. Tiene características de estepa con lluvias escasas en veranos, garúas y lloviznas en invierno. Con temperaturas de templados a cálido, con una amplitud de temperatura oceánico moderado y desértico.

A continuación se presenta una descripción de cada uno de los elementos del clima:

o Temperatura ambiental

Temperatura media en la zona es de 17,1 a 19,9°C, el verano es largo y fresco, las mínimas no bajan de 17°C oscilando las mínimas medias entre 19,7°C y 17,9°C. Las temperaturas máximas medias del verano oscilan entre 24°C y 26°C, se trata de temperaturas muy benignas, por la presencia constante del alisio del Sur. La amplitud térmica anual es de 6,30, característica de los climas oceánicos y parecidos a los demás observatorios del litoral peruano.

Los valores extremos de temperaturas máxima y mínima absolutas son en promedio para el verano 29,7°C en marzo y la mínima absoluta invernal en promedio 12,7°C en agosto. La fluctuación de las temperaturas diarias logra su mayor amplitud de variación en los meses estivales y son menores en los meses de invierno. El comportamiento de la temperatura durante el día y la noche tiene una variación brusca con un rango de 12°C a 14°C en los meses de verano, mientras que en los meses invernales disminuye dicha amplitud de variación entre 7,5°C a 9°C aproximadamente, a consecuencia del efecto de termostato que ofrece el océano Pacífico.

o Humedad Relativa

Se tiene una humedad relativa promedio de 82,8%, siendo los valores más elevados cuando las temperaturas son más bajas llegando hasta 95%, y los

mínimos se dan con el calor acumulado durante el día con valores del 57 al 59% en los meses de verano y del 64 al 69% en los meses de invierno.

- **Precipitación**

La precipitación es mayor a inicio de octubre y menos el resto de año, llegando a 10 mm/año a 40 mm/año.

- **Vientos**

Los vientos predominantes son provenientes del SSE, lo cual también es permanente, con velocidades de hasta 7.6 m/s. y periodos de calma casi nulos.

3.1.1.2 Hidrología

El área de emplazamiento de la planta se ubica en la cuenca del pacifico entre los ríos Huara y Chancay distantes a 23 km al norte y 51 km al sur respectivamente. Ambos ríos generan valles costeros en Huacho y Chancay, llevando siempre un caudal significativo durante el año, llenos en verano a causa de lluvias en la sierra y caudales bajos el resto del año.

En el área de influencia directa de la planta, no existen evidencias de escurrimientos superficiales⁸ recientes.

- **Lagunas Costeras**

Se distinguen lagunas ubicadas en la región costera, que son producto de la afloración de agua proveniente de la napa freática del agua de los ríos costeros. Por su cercanía al mar, la mayoría de ellas son salobres, es decir tienen algún grado de salinidad. Muchas de ellas hospedan aves migratorias y vegetación.

⁸ El escurrimiento superficial es un componente del ciclo hidrológico, el cual resulta de la lluvia y/o caudal lateral que no llega a infiltrarse sobre la superficie de la tierra.

3.1.2 Medio Biológico

3.1.2.1 Flora

En el entorno de la planta, la presencia de vegetación natural o silvestre es muy escasa debido a las condiciones propias de zonas desérticas.

o Formaciones vegetales

Se pueden distinguir zonas con vegetación halófilas⁹ en los humedales, lagunas y albuferas de la zona, las lomas con diversas comunidades vegetales.

Las lagunas costeras se encuentran rodeadas por las comunidades de herbáceas halófilas que toleran una fuerte salinidad al medio físico, conformado por grama salada.

En la figura 8, se observa el humedal de "Paraíso" (aproximadamente en el Km 140 de la Panamericana Norte) que cuenta con hábitat de llanura salina tipo carrizal.

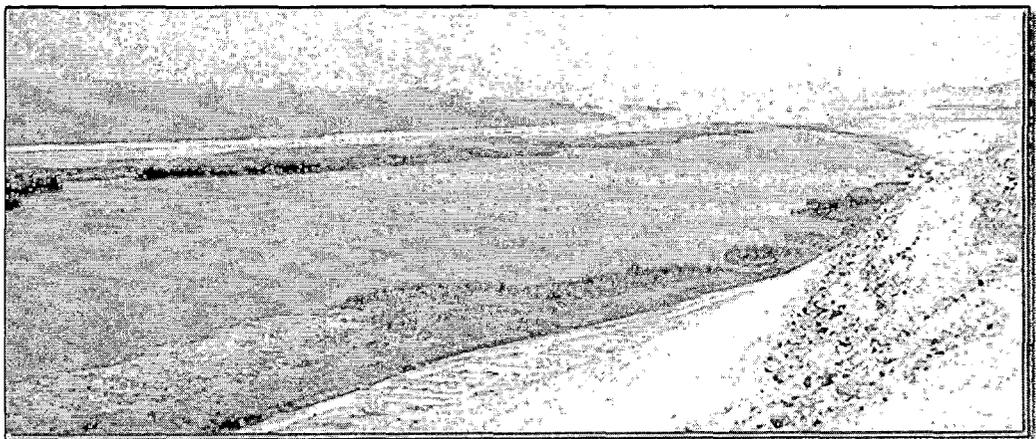


Figura 8: Humedal de Paraíso

Fuente: Geografía del Perú, Alba Walter, 2007, Editorial San Marcos.

⁹ Halófilas, plantas que viven en terrenos donde abundan las sales

Las áreas de cultivo están cerca a los cauces de los ríos, formando valles agrícolas de las cuencas, rodeada por pampas eriazas y áreas salinas.

3.1.2.2 Fauna

La fauna de la zona está constituida en su mayoría de aves propias del lugar, estas se encuentra cerca de las lagunas, humedales y las playas. Parte son aves migratorias, su alimento son diversos crustáceos entre ellos la artemia salina (*Artemia sp.*)

Entre las aves típicas tenemos:

- Gaviota gris o mateo (*Larus Modestus*)
- Playero blanco (*Calidis Alba*)
- Gaviota peruana (*Larus belcheri*)
- Santa Rosita (*Notiochelidon Cyanoleuca*)

Las aves de permanencia temporal

- Gaviota de Franklin (*Larus Pipixcan*)
- Flamenco (*Phoenicopterus ruber*)
- Pato Sutro (*Anas flavirostris*)
- Pato colorado (*Anas cyanoptera*)



Figura 9: Flamenco (*Phoenicopterus ruber*)

Fuente: Geografía del Perú, Alba Walter, 2007, Editorial San Marcos.

Estas aves llegan para buscar pequeños peces, algas, larvas, gusanos en las riberas de las lagunas y en las zonas de charcos, donde al bajar el nivel del agua aumenta la densidad del alimento.

3.1.3 Áreas Naturales Protegidas

En el área de influencia de la planta no existen áreas naturales protegidas.

En la categoría de Reserva Nacional se encuentran Las Lomas de Lachay, las cuales están distantes a 25 Km al sureste del área de emplazamiento de la planta.

La Reserva Nacional de Lachay fue establecida el 21 de junio de 1977 mediante Decreto Supremo N° 310-77-AG. Esta Reserva está ubicada en el departamento de Lima, provincia de Huaura, distrito de Huacho. Se extiende sobre un área de 5 070 hectáreas.

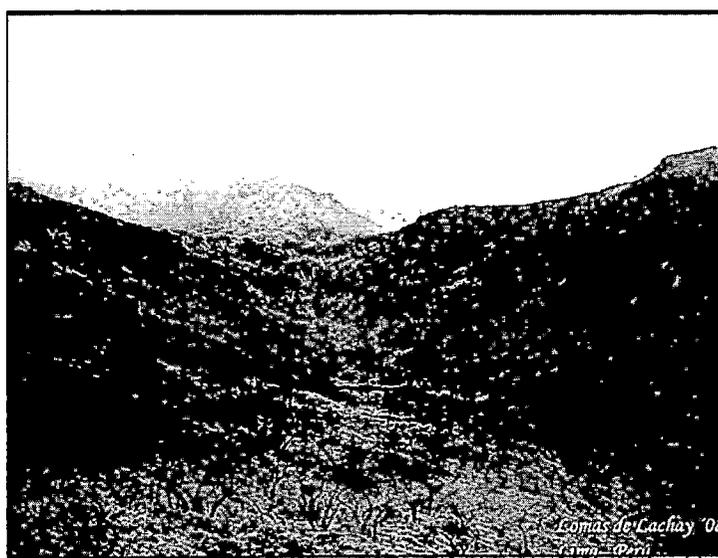
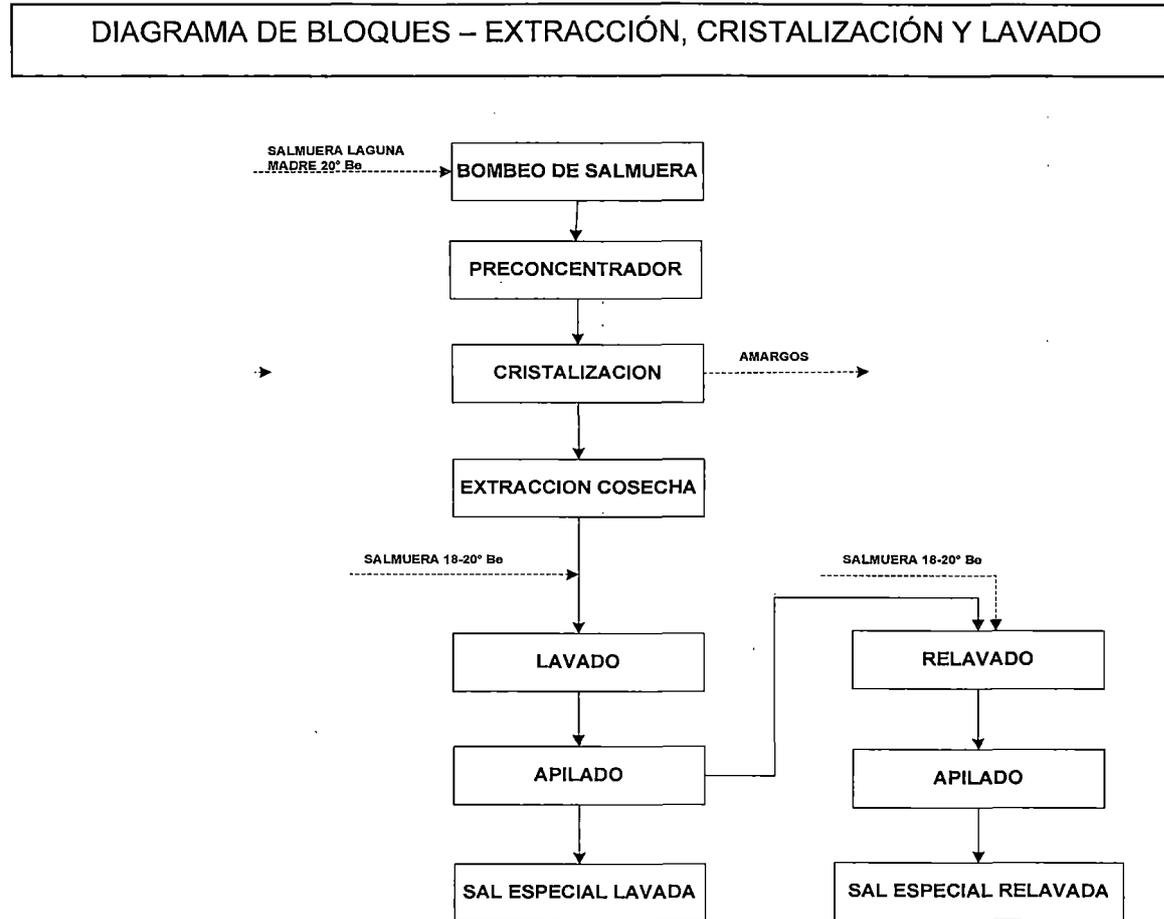


Figura 10: Lomas de Lachay

Fuente: Geografía del Perú, Alba Walter, 2007, Editorial San Marcos.

3.2 Descripción del proceso: A continuación se muestra el diagrama de bloque del proceso de producción**Figura 11:** Diagrama de bloques: Extracción., cristalización y lavado.

Fuente: Elaboración propia

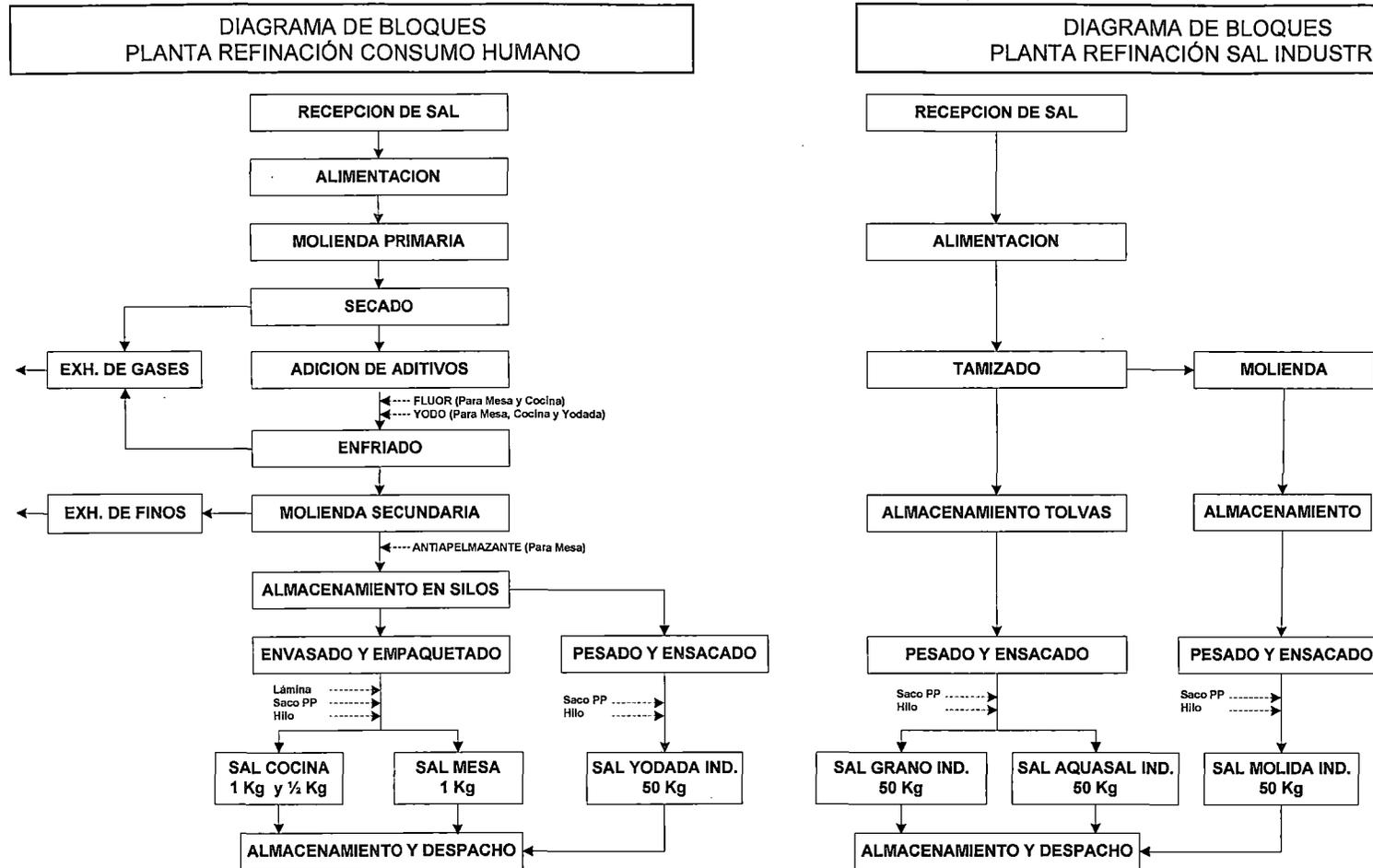


Figura 12: Diagrama de bloques: Refinación de Sal Consumo Humano y Refinación de Sal Industrial.
Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Extracción de salmuera

Cuadro 7: Descripción de Equipos: Extracción – Cristalización

EQUIPOS PRINCIPALES	FUNCIÓN
Preconcentrador / concentrador	Laguna artificial que recibe el agua de mar en tránsito, con el fin de aumentar su concentración.
Cristalizador	Laguna artificial que recibe la salmuera concentrada, donde se forman los cristales de NaCl.
Desarenador	Pozas de concreto donde se deja decantar los sólidos contenidos en la salmuera.
Cargador Frontal	Maquinaria Pesada usada para el escarificado, apilado y carga de sal a camiones de acarreo interno.
Motoniveladora	Maquinaria Pesada usada para el nivelado de los cristalizadores después de la cosecha de sal.
Compresores Eléctricos	Equipo eléctrico que insufla aire a los pozos subterráneos de salmuera para desplazar la salmuera a la superficie.
Compresores Diesel	Equipo diesel que insufla aire a los pozos subterráneos de salmuera para desplazar la salmuera a la superficie.
Motobomba Autocebantes	Equipos utilizados para desalojar la salmuera residual luego de cosechar la sal cristalizada.

Detalle del Proceso

En las Salinas se extrae la salmuera de tres formas:

- a. Extracción del agua de mar por un canal de captación hacia los preconcentradores de agua de mar 1, 2, 3, 4 y 5 que operan en serie aumentando la concentración, conforme avanza el flujo. La salmuera ingresa al preconcentrador 1 a una concentración de 3,7° Bé y sale del preconcentrador 5 a una concentración próxima a 5,0° Bé.
- b. Extracción de la salmuera del subsuelo de manera natural por las venas que llenan las lagunas madre 1, 2 y 3. Estas venas reponen continuamente de salmuera a las lagunas que están a concentraciones que varían entre 13 a 17° Bé.

Luego de la laguna madre, la salmuera pasa a los concentradores A, B, C, D y E, donde se aumenta la concentración hasta aproximadamente 25° Bé. Esta salmuera preconcentrada ingresa a cualquiera de los cristalizadores 16A, 16B, 16C, 17, 18, 19, 20 y 20B según las indicaciones del supervisor, dando inicio al proceso de cristalización. Los preconcentradores de agua de mar, las lagunas madre, los concentradores y cristalizadores, se ubican en el lado sur de Salinas Huacho, de acuerdo a la figura 7 - Plano de Distribución de las Instalaciones.

- c. Extracción de la salmuera del subsuelo de manera forzada usando compresores eléctricos o diesel (figura 13), que inyectan aire comprimido a una profundidad de 40 - 50 m por una tubería de 2" y por desplazamiento emerge la salmuera por una tubería de 8", recibéndola en un desarenador que reduce la velocidad y turbulencia de la salmuera extraída permitiendo que el material sólido en suspensión se deposite. Los compresores se ubican dentro de una sala cerca al pozo. Existen 11 pozos con sus respectivos desarenadores que se ubican en el lado norte de Salinas Huacho.

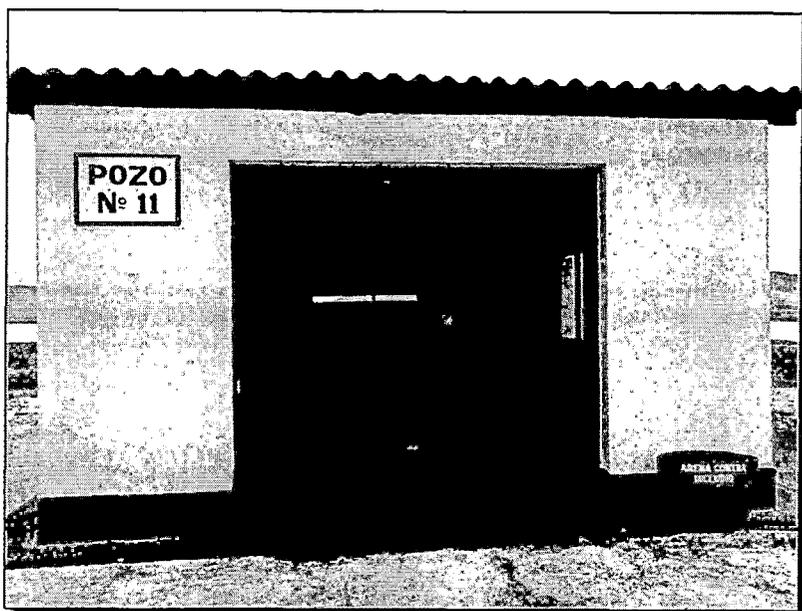


Figura 13: Extracción forzada de Salmuera (Uso de compresor a diesel)
Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Preconcentración y Concentración de salmuera

La salmuera extraída es clarificada (decantación de sólidos contenidos en la salmuera) y distribuida por canales de alimentación a los cristalizadores, donde la acción del sol, los vientos (ver cuadro 8), los controles adecuados de niveles y densidades de salmueras así como la evacuación de la salmuera de alta concentración, producen la evaporación y cristalización de la sal durante un periodo de 6 a 9 meses.

Cuadro 8: Parámetros meteorológicos para la evaporación y cristalización

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)		TEMPERATURA (°C)		VELOCIDAD DE VIENTO (m/s)	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
12/01/2010	89	65	25,6	22,6	6,0	4,0
13/01/2010	90	78	24,8	22,0	6,8	2,0
14/01/2010	91	89	22,3	22,1	4,4	2,8

Fuente: Monitoreo Ambiental

La concentración de la salmuera hasta la cristalización se realiza en un proceso en serie con tres cristalizadores A, B y C, de tal manera que se logra un aumento de la concentración. La salmuera proveniente de los pozos pasa por el desarenador y se deriva por medio de canaletas hacia los cristalizadores, llenándose primero el cristalizador A, luego el B y finalmente el C.

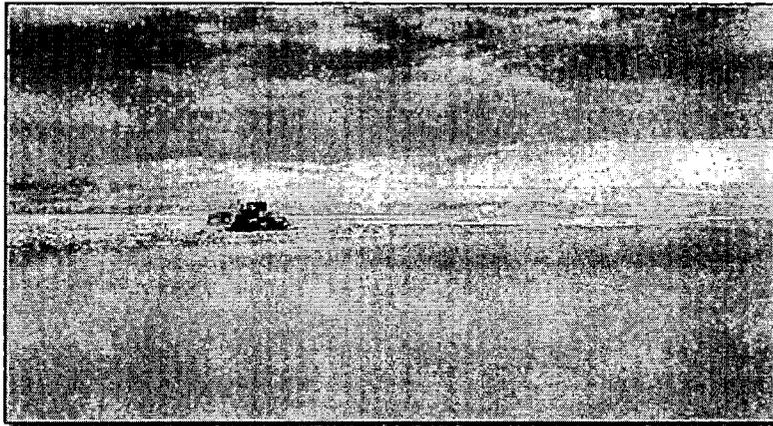


Figura 14: Poza Concentradora de Salmuera
Fuente: Elaboración propia

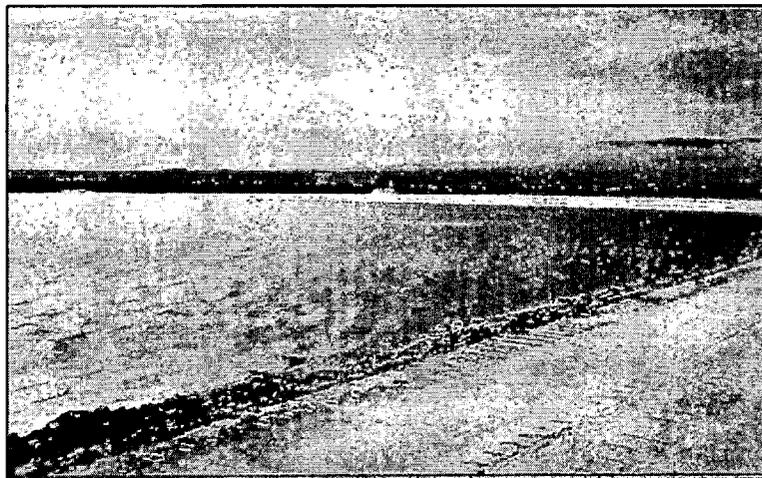


Figura 15: Poza Concentradora de Salmuera
Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Cristalización de salmuera

En el lado norte de Salinas Huacho, se ubican 28 cristalizadores, 27 de los cuales están divididos en 9 grupos de tres conectados en serie y 1 cristalizador independiente; todos conectados por un sistema de canaletas.

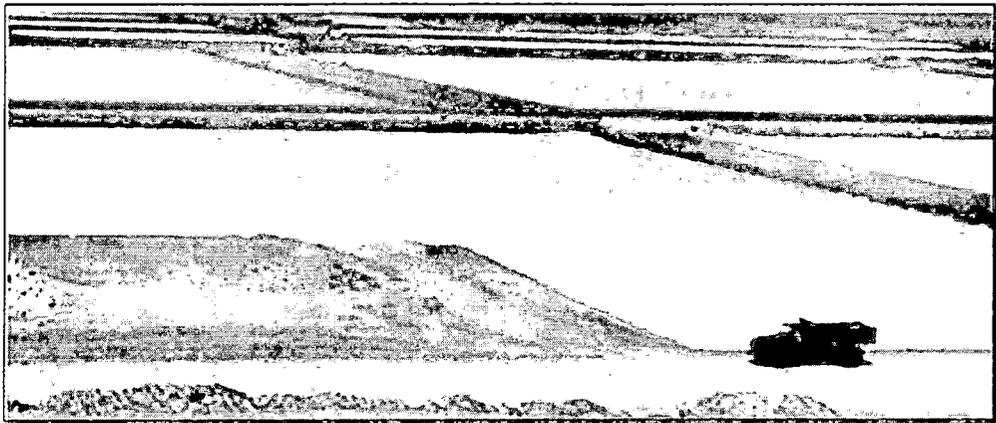


Figura 16: Sal cristalizada
Fuente: Elaboración propia

Una vez llenado los cristalizadores y a una concentración próxima a los 25,4° Bé se inicia la formación de los cristales de Cloruro de Sodio (NaCl).

Desde que se finaliza el llenado de salmuera en los cristalizadores, se mide permanentemente la densidad de la salmuera y la altura de los cristales formados.

El crecimiento de los cristales es aproximadamente 1cm/mes, pero la formación de estos cristales depende de la estación en que se encuentre, la velocidad del viento, la temperatura, etc.

Además, se debe controlar la concentración de la salmuera (° Bé), el cual es reportado por el Laboratorio de Control de Calidad, de los cristalizadores A, B y C; cuando las concentraciones (° Bé) se encuentren alrededor de 25,5° Bé, 26,2° Bé y 28° Bé respectivamente, es el momento en que se debe realizar el drenado y eliminación de los amargos.

La razón por la que se debe drenar en estos rangos de concentración es que entre los 25 y 28,0° Bé ocurre la precipitación de los cristales de Cloruro de Sodio; los insolubles y carbonatos precipitan a concentraciones menores a 25° Bé y a concentraciones superiores a los 29° Bé precipitan las sales de Magnesio.

En el rango de concentraciones de 25 - 28,5° Bé también precipitan en pequeña cantidad las sales de Magnesio, pero no constituyen un problema grave a pesar que el Sulfato de Magnesio acompañante, sea el responsable del color blanco mate que progresivamente adquiere el color translúcido del Cloruro de Sodio.



Figura 17: Losa de sal cristalizada

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Escarificado y apilado de sal cristalizada

La losa de sal cristalizada tiene un espesor que varía de 9 a 10 cm por una extensión de 8.4 Ha promedio por cristalizador, donde la salmuera remanente es drenada mediante el uso de motobombas diesel.

La operación de escarificado consiste en el cuadrículado y fracturado de la losa de sal en bloques de cristales (ver figura 18), controlando la profundidad de escarificado para evitar dañar el piso del cristalizador.

La sal cristalizada escarificada es apilada dentro del cristalizador para el escurrimiento de la salmuera.

Luego del escarificado del terreno ingresa el cargador frontal y comienza el apilamiento de la sal. Cada una de estas pilas de sal se deja escurrir para eliminar por completo la salmuera contenida en la sal.

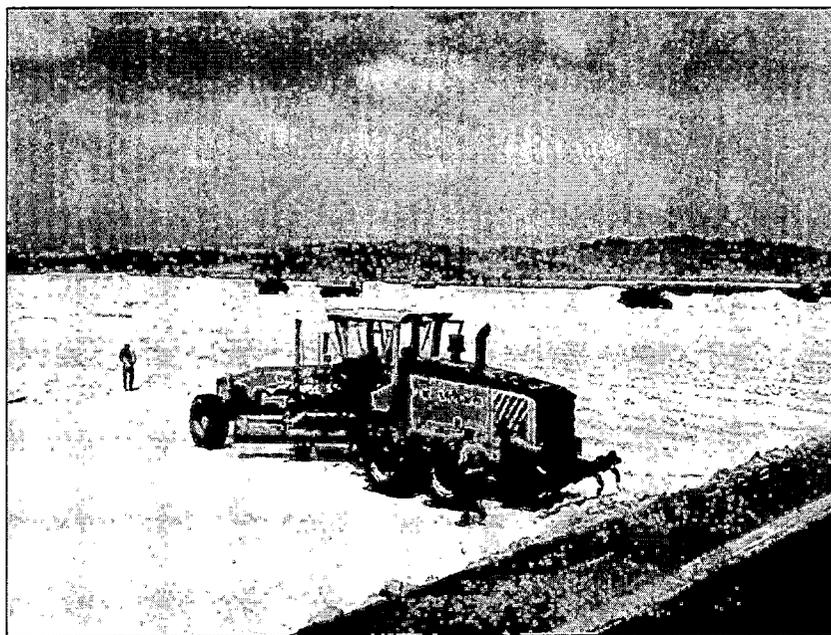


Figura 18: Escarificado de sal usando maquinaria pesada
Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Traslado de Sal a Plantas de Lavado

Terminado el escurrimiento de la salmuera, la sal es cargada a los camiones de acarreo que tienen una capacidad de 15 toneladas de sal y es transportada a las plantas de lavado.

3.2.6 Lavado de Sal

A continuación en el cuadro 9 se describen los principales equipos que se utilizan en el proceso de lavado de sal:

Cuadro 9: Descripción de Equipos: Planta de Lavado

EQUIPOS PRINCIPALES	FUNCIÓN
Tolva de recepción	Almacenamiento de sal materia prima para dosificar al proceso de lavado.
Faja transportadora	Equipo de transporte de sal y regulación de flujo de sal
Lavador clasificador	Equipo que permite la remoción de impurezas de la sal. Tipo: Equipo Sinfín doble
Malla desaguadora	Equipo que reduce la humedad de la sal.
Bomba de salmuera	Equipo para la alimentación de salmuera diluida al lavador y a la malla desaguadora.
Zaranda	Equipo utilizado para la reducción de humedad en la sal.
Tripper	Equipo usado para formar las pilas de sal lavada.
Molino de sal	Equipo usado para reducir el tamaño de partícula de la sal.
Dosificador helicoidal	Equipo para alimentación de producto, formado por un tubo que posee una rosca helicoidal "sinfín" que transporta desde la entrada hasta la salida, el producto de la tolva.

EQUIPOS PRINCIPALES	FUNCIÓN
Centrifuga rotovibratoria	Permite la reducción de humedad de la sal lavada. Es una centrífuga filtrante de trabajo continuo en la que se puede lograr la separación de sólidos/líquidos de una suspensión mediante el efecto de las fuerzas centrífugas.
Molino triturador.	Equipo que permite la reducción y uniformización de la granulometría de la sal de ingreso. Es un triturador de rodillos estriados de disposición horizontal, ajustable según granulometría y humedad.
Bombas Denver	Transportan la mezcla sal y salmuera de un equipo hacia otro.
Celda de lavado	Equipo para tratamiento de sal compuesto por dos celdas con dos ejes en disposición vertical con doce palas cada uno, accionados por un motor y con transmisión por correas trapezoidales. Separan las impurezas de los cristales de sal por medio de la atrición.
Lavador helicoidal	Equipo salino a contracorriente sólido-líquido con sistema de lavado suspensión-precipitación. Permite la reducción de impurezas de la sal.
Transportador helicoidal	Equipo para transporte de producto, formado por un tubo o canal que posee una rosca helicoidal "sinfin" que transporta desde la entrada hasta la salida, el producto alimentado.

Fuente: Elaboración propia

Detalle del Proceso

El principio de lavado consiste en eliminar la salmuera atrapada en la sal así como las impurezas químicas y los insolubles que trae la sal desde los cristalizadores, a través de un flujo a contra corriente de salmuera de lavado de 18 a 20 °Be.

Esta operación es realizada en las 4 Plantas de Lavado, el producto final que es la sal lavada es apilado para su posterior uso en la Planta Refinería Huacho y el despacho a otros centros de producción.

El proceso de lavado (eliminación de impurezas de la sal) se explica de acuerdo a la siguiente descripción:

3.2.6.1 Alimentación a tolvas

La sal proveniente de la etapa de cristalización es descargada en la tolva de recepción, la cual dosificará el flujo de carga de entrada, según la capacidad de la Planta de Lavado.

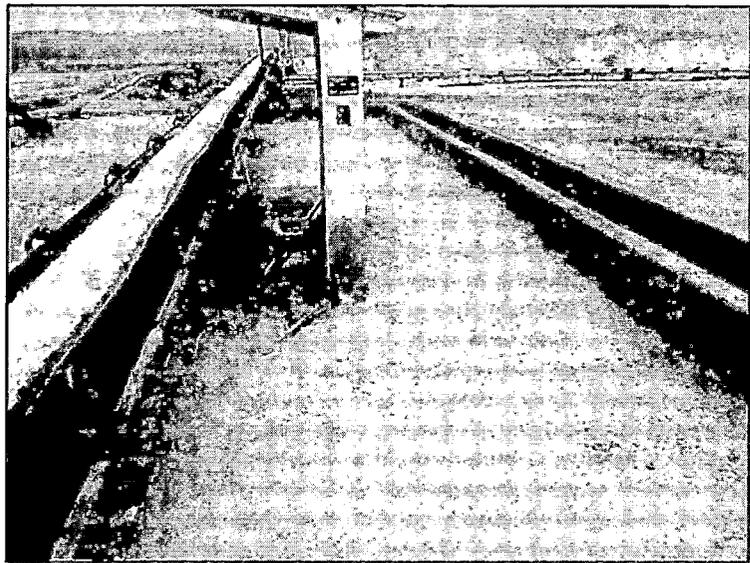


Figura 19: Faja transportadora de alimentación de sal a la Planta de lavado
Fuente: Elaboración propia

3.2.6.2 Molienda

Seguidamente la sal es transportada mediante una faja transportadora (ver figura 19) y clasificada mediante una parrilla, los finos pasan directamente hacia la siguiente tolva y los gruesos son reducidos mediante un molino de martillo. La sal granulada moderadamente es descargada en una faja mediante un alimentador-regulador, ubicado en la parte inferior de la tolva y transportada hacia un molino triturador. Del molino la sal cae a un tolván donde es transportada a las celdas de lavado, donde se cuenta con un lavador helicoidal.

3.2.6.3 Lavado

En el lavador se descarga la sal y se adiciona la salmuera de lavado, en contracorriente, la sal es retirada por el tornillo helicoidal del lavador (ver figura 20) hacia la malla desaguadora y la salmuera cae por una línea de rebose del lavador. Adicionalmente existe una línea de purga en el fondo del lavador para retiro de lodos. Otra parte de la salmuera ingresa a la malla desaguadora y es descargada para limpiar la sal acumulada en la base de esta malla. En la malla desaguadora ingresa la salmuera de lavado en forma de lluvia lavando la sal, a la vez que la malla gira retirando la mayor cantidad de agua presente en la salmuera (ver figura 21). En la base de la malla desaguadora existe una línea para la descarga de la salmuera.

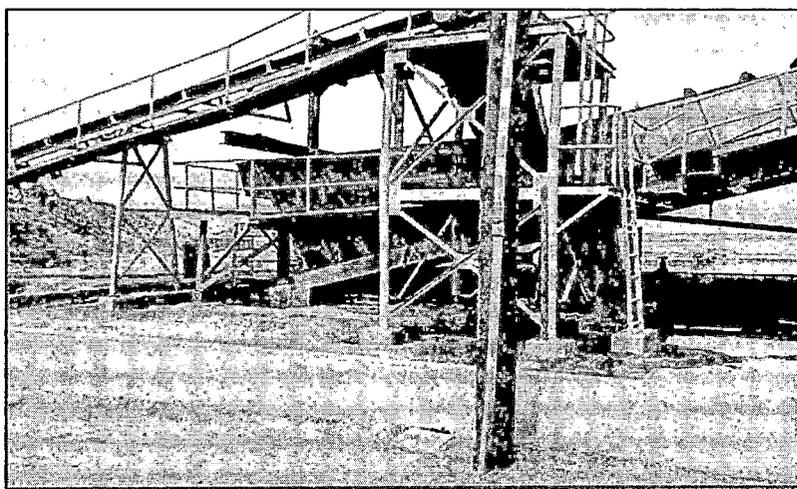


Figura 20: Planta de lavado de sal
Fuente: Propia

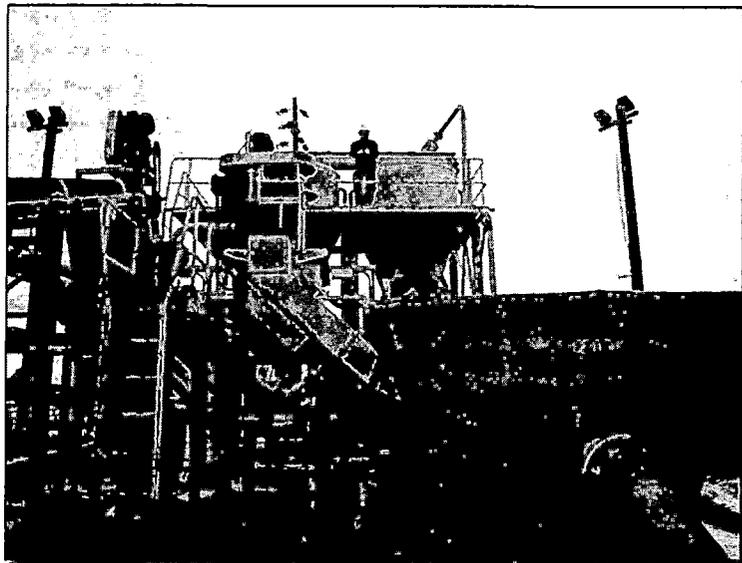


Figura 21: Planta de lavado de sal

Fuente: Elaboración propia

3.2.6.4 Zarandeo

La sal lavada se envía a una primera zaranda donde se lava nuevamente con bajos flujos de salmuera concentrada desde el inicio de la zaranda hasta casi la parte final de esta, en cuya parte final se lava con bajos flujos de salmuera diluida reduciendo de esta manera mayor contenido de insolubles e impurezas, a la vez debido a los movimientos axiales y horizontales de la zaranda, la sal se va secando conforme continua su recorrido hasta la descarga de la segunda zaranda.

3.2.6.5 Apilado

Esta sal seca y libre de impurezas se deriva por medio de dos fajas transportadoras hacia el tripper (ver figura 22), el cual va apilando la sal lavada para su posterior acarreo y despacho.

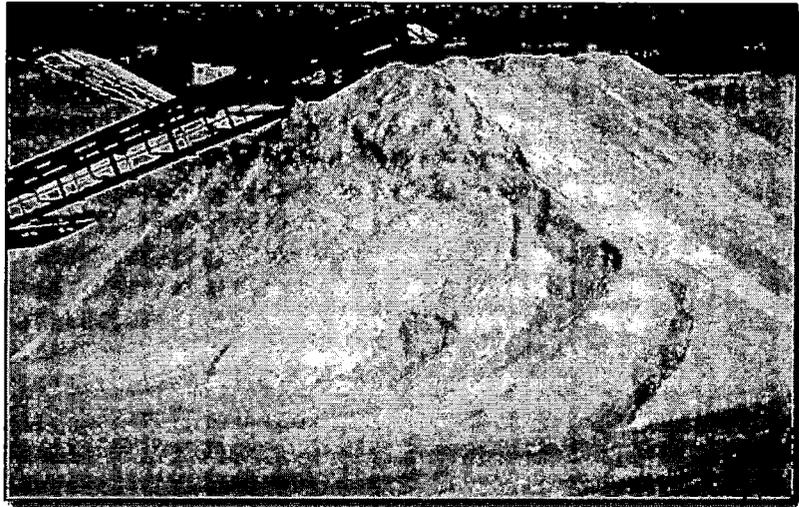


Figura 22: Apilado de sal (Tripper¹⁰ formador de cono)

Fuente: Elaboración propia

3.2.6.6 Despacho de Sal:

La sal lavada dependiendo de la Planta de procedencia es destinada ya sea a la Planta Refinería Huacho o despachada a otros centros. Para el acarreo de la sal lavada se cuenta con cargadores frontales y camiones tolvas de servicios terceros.

Los Cargadores frontales son las maquinarias que se encargan de trasladar la sal lavada a los almacenes de materia prima de la Planta Refinería según requerimiento.

¹⁰ Triper, equipo usado para formar las pilas de sal lavada

3.2.7 Refinación de Sal Consumo Humano

A continuación en el cuadro 10 se describen los principales equipos que se utilizan en el proceso de refinación de sal para consumo humano:

Cuadro 10: Descripción de Equipos: Planta Refinería de Sal Consumo Humano

EQUIPOS PRINCIPALES	FUNCIÓN
Tolva de recepción	Recibe la sal materia prima proveniente de la zona de almacenamiento.
Faja transportadora	Equipo de transporte de sal y regulación de flujo de sal
Molino (Chancadora)	Reduce el tamaño de los granos, logrando así una mayor área de secado.
Transportador Helicoidal	Equipo de transporte de sal y regulación de flujo de sal
Cámara de combustión	Cámara donde se produce la reacción de combustión del combustible con aire para generar la energía necesaria para el secado de la sal.
Secador Rotatorio	Disminuye al mínimo la humedad de la sal y reduce a niveles aceptables la presencia de microorganismos halófilos, por medio aire caliente proveniente de la cámara de combustión.
Elevador de Cangilones	Traslada la sal de la salida del secador hacia el enfriador (parte superior).
Enfriador Rotatorio	Disminuye la temperatura de la sal por medio de aire (contracorriente),
Exhaustor de finos	Elimina el exceso de finos provenientes del secado, enfriado y molienda; disminuyendo la polución de finos que genera un mayor desgaste de los equipos, comprenden 2 ciclones y transportador helicoidal.

EQUIPOS PRINCIPALES	FUNCIÓN
Silos	Almacena la sal proveniente de los helicoidales N° 9 y 10 depositándolos.
Envasadoras	Maquina utilizada para el control de peso y envasado de la sal. Capacidad de envasado: 26 bls x min (1 kg y/o ½ Kg x bolsa)

Detalle del Proceso

3.2.7.1 Recepción de Sal – Materia Prima

La sal procedente de la planta de lavado es analizada por Control de Calidad, de acuerdo a los resultados y si cumple con las especificaciones para la planta Refinería, es trasladada a su zona de almacenamiento respectivo por medio de cargadores frontales.

3.2.7.2 Alimentación y Molienda Primaria

La sal es llevada a la tolva de recepción, de una capacidad de 30 toneladas por medio de cargadores frontales, luego la materia prima es trasladada a través de una faja transportadora hacia un molino de impacto (primera molienda) con la finalidad de reducir el tamaño de los granos y lograr un mejor secado de la materia prima en el siguiente proceso.

3.2.7.3 Secado, Enfriado y Adición de Aditivos

La sal proveniente de la molienda ingresa a un tornillo helicoidal el cual traslada la materia prima al secador, (la materia prima al ingresar a este proceso tiene una humedad de 5 %), el cual en su parte interna esta acondicionado de levantadores y alimentadores con la finalidad que durante el movimiento de rotación forme una cortina y se pueda realizar un mejor secado de la sal. Esta sal sale con 0,1 – 0.5% de humedad.

La sal es secada en el secador rotatorio por fuego directo (ver figura 23), los gases tienen una temperatura de entrada de 300 - 600°C, se seca a esta temperatura con la finalidad de que a la salida del secador se obtenga una temperatura de la sal de 90 - 160°C, con lo cual se elimina o minimiza a niveles aceptables los microorganismos halófilos y reduciendo la humedad. El combustible utilizado es Diesel B2.

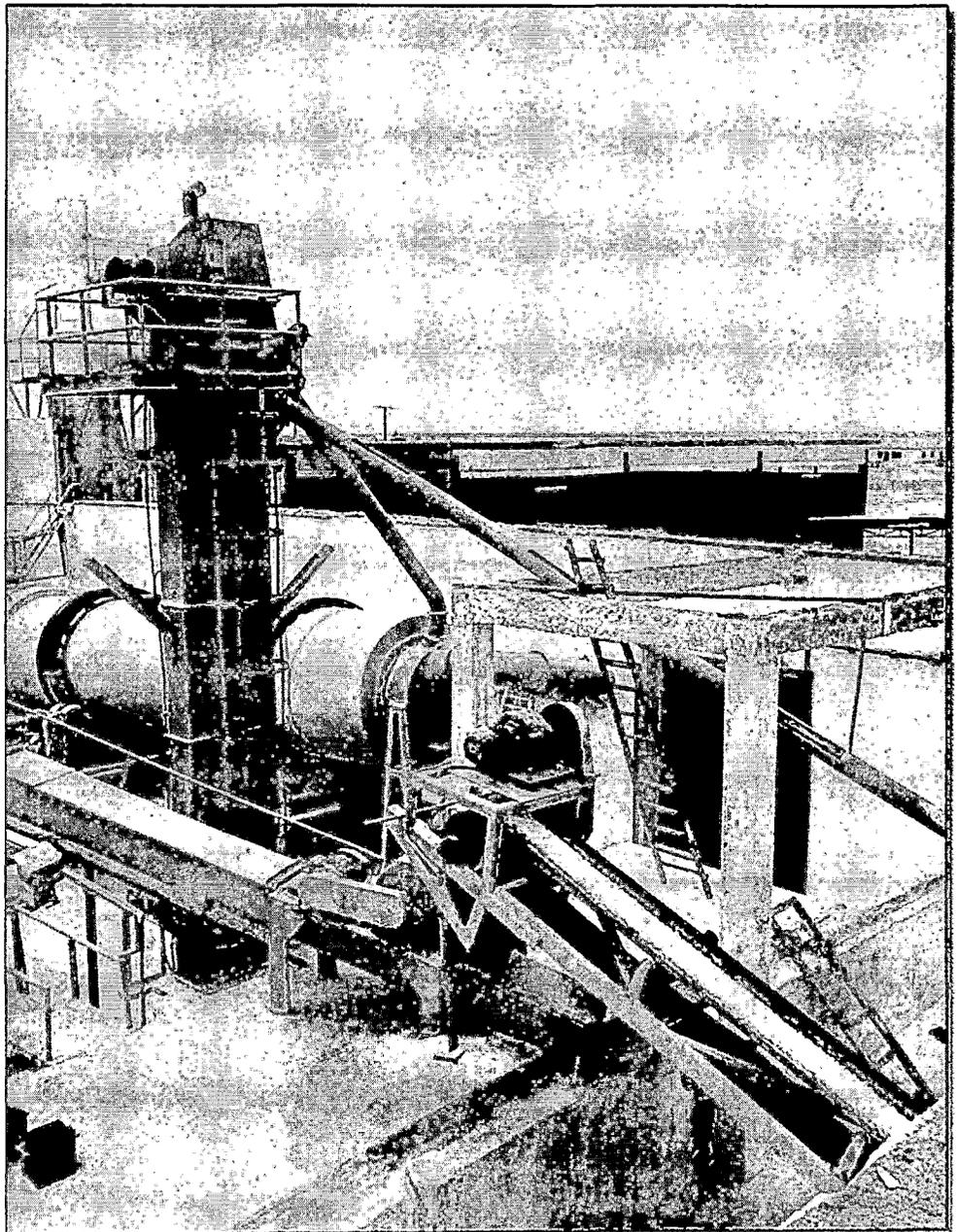


Figura 23: Secador rotatorio de Planta Refinería de sal
Fuente: Elaboración propia

La sal a la salida del secador es trasladada por tornillos helicoidales y un elevador de cangilones al enfriador rotatorio y se enfría a través de aire en contracorriente. El producto enfriado sale a una temperatura entre 75 y 85 °C.

Posterior a la etapa de enfriado se realiza la dosificación de la solución de aditivos. La sal debe obtener concentraciones de 30 – 40 ppm de Yodo y de 200 a 250 ppm de Flúor después de la adición de aditivos, por ser una norma establecida en el país para sal de consumo humano. (Ver Marco Teórico: Reglamento técnico para la fortificación de la sal para consumo humano con yodo y flúor – MINSA 1998).

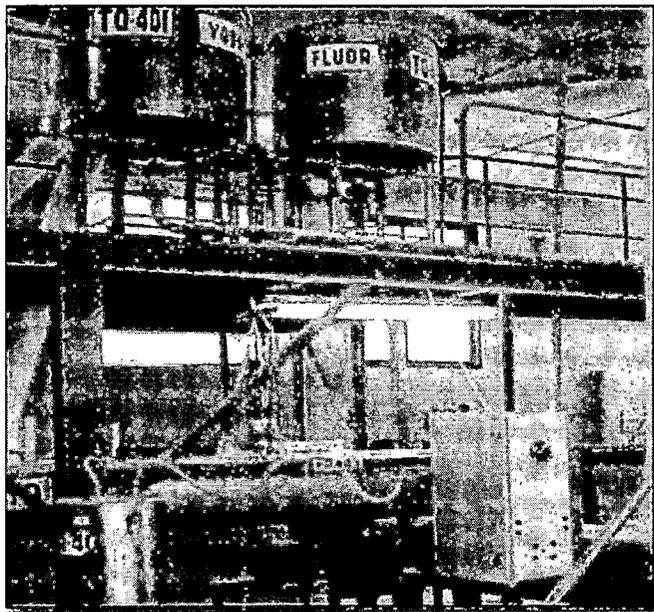


Figura 24: Adición de Aditivos
Fuente: Elaboración propia

3.2.7.4 Molienda Secundaria y Adición de Antiapelmazante

La sal seca que sale del enfriador es llevada por un elevador de cangilones a dos molinos de impacto – martillos (ver figura 25), los cuales tienen parrillas (mallas) adecuadas para los tipos de sal que requiera la producción.

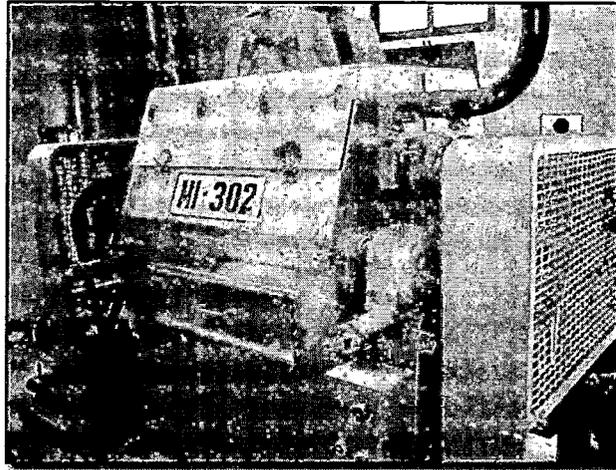


Figura 25: Molino de Impacto
Fuente: Elaboración propia

La adición del antiapelmazante (ver figura 26), se realiza por vía seca a la salida del molino, se realiza esta adición para evitar que la sal se compacte y forme grumos, la concentración que la sal debe tener como máximo es de 1% de aditivo (Pirosil PS-200).



Figura 26: Adición de Antiapelmazante
Fuente: Elaboración propia

3.2.7.5 Envasado y Empaquetado

Luego de la molienda, el producto es llevado por tornillos helicoidales y almacenados en silos – tolvas (ver figura 27), que alimentan a las máquinas de envasado según el tipo de sal y presentación: 1 Kg ó ½ Kg en bolsas de polietileno.

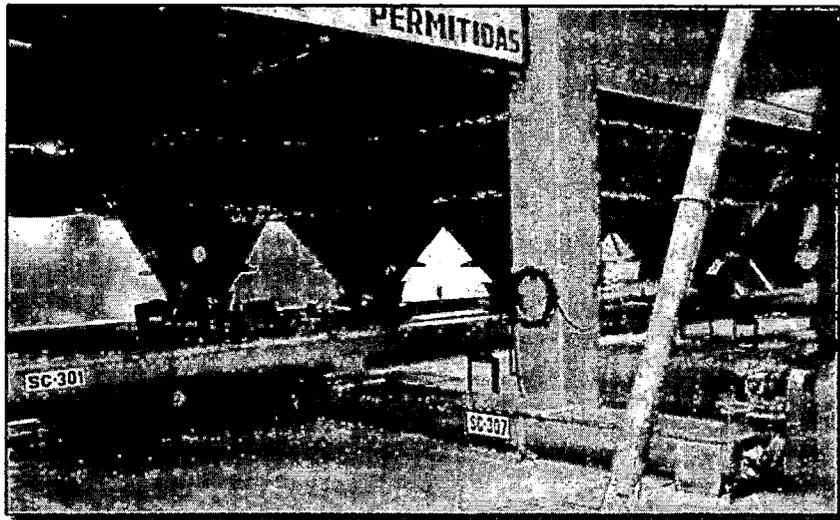


Figura 27: Silos de almacenamiento de la sal
Fuente: Elaboración propia

El empaclado se efectúa manualmente en sacos de polipropileno por 25 Kg según la figura 28.



Figura 28: Envasado de Sal
Fuente: Elaboración propia

3.2.8 Producción de Sal Industrial

A continuación en el cuadro 11 se describen los principales equipos que se utilizan en el proceso de refinación de sal industrial:

Cuadro 11: Descripción de Equipos: Planta Sal Industrial Grano y Molida

EQUIPOS PRINCIPALES	FUNCIÓN
Tolva de recepción:	Recibe la sal materia prima proveniente de la zona de almacenamiento.
Faja transportadora (N° 1 y 2)	Traslada la sal desde tolva hacia la chancadora primaria.
Molino (Chancadora)	Reduce el tamaño de los granos, logrando así una granulometría uniforme.
Faja transportadora (N° 3):	Traslado la sal desde tolva hacia la chancadora primaria.
Tolva de ensacado:	Recibe la sal materia prima proveniente de la faja transportadora N° 2 para su posterior ensacado.

Fuente: Elaboración propia

Detalle del Proceso

La sal materia prima contenida en la tolva de alimentación, descarga a una faja transportadora sobre la cual se encuentra un separador magnético para la remoción de las diferentes partículas ferrosas.

Según las características de calidad, como % de humedad y granulometría, a la sal lavada procesada se le puede agregar la sal seca proveniente del secador para cumplir con las especificaciones técnicas de la sal industrial.

Luego la faja transportadora traslada la sal materia prima hacia otra faja, la que descarga a un tamiz vibratorio, que clasifica y separa la sal de acuerdo a su granulometría.

Los finos atraviesan el tamiz y caen a una faja transportadora que descarga en una zona acondicionada formándose una pila de finos, producto no aprovechable en la producción de sal industrial.

Los gruesos son retenidos, retirados del tamiz y utilizados para producir los diferentes tipos de sal industrial.

3.2.9 Almacenamiento y Despachos de producto terminado

Se cuentan con dos etapas de almacenamiento:

3.2.9.1 Producto Terminado Plantas de Lavado: Sal Lavada a Granel

La sal lavada proveniente de las Plantas de Lavado 3 y 4 es la sal denominada *Upgrading* que se caracteriza por tener menores valores de impurezas. Esta sal es destinada hacia las plantas que producen Cloro – Soda. La sal se almacena en pilas dentro de las mismas plantas y el despacho se realiza en camiones tolvas.



Figura 29: Almacenamiento de Sal consumo humano producto terminado

Fuente: Elaboración propia

3.2.9.2 Producto Terminado Planta Refinería: Sal de consumo humano.

Los empaques de 25 Kg que contienen bolsas de 1 ó ½ Kg (ver figura 29), se ordenan en paletas de madera de 1,5 ton de peso y estas paletas son retiradas por un montacargas y nuevamente ordenadas en el Almacén de Productos Terminados en dos niveles.

3.3 Consumos de Insumos

3.3.1 Energía Eléctrica

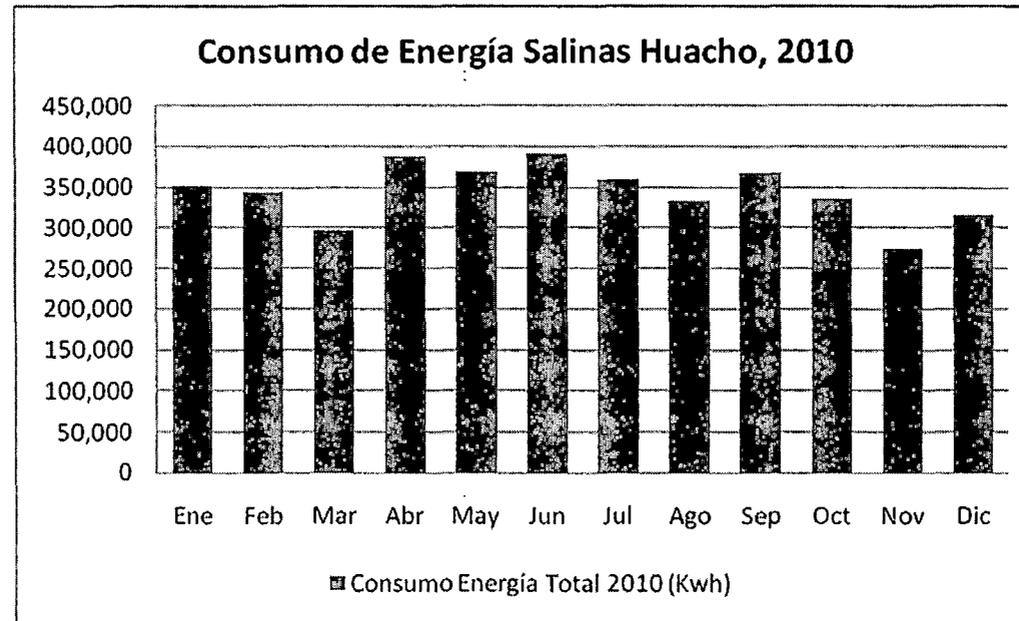
La energía eléctrica con la que cuenta las Salinas de Huacho es suministrada por la Empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte S.A.A. – EDELNOR S.A.A. a través de la Línea de Transmisión de 66 kV S.E. Huacho REP – S.E. Huacho EDELNOR, ubicada en los distritos de Hualmay, Santa María y Huacho, provincia de Huaura, departamento de Lima.

En el Anexo 02 se presenta un listado con la descripción de los motores de los principales equipos de Planta.

Durante todo el año 2010, se consumió en total 4 114 770 KWh. A continuación en el cuadro 12, se detalla los consumos mensuales y en la figura 31 se grafica los consumos.

Cuadro 12: Consumo de energía eléctrica mensual 2010 – Salinas Huacho

Salinas Huacho	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Consumo Energía Total 2010 (Kwh)	350 630	342 760	295 680	387 800	368 760	390 240	358 160	331 610	366 890	334 770	273 460	314 010	4 114 770

**Figura 30: Consumo de Energía en la Planta de Salinas Huacho, 2010**

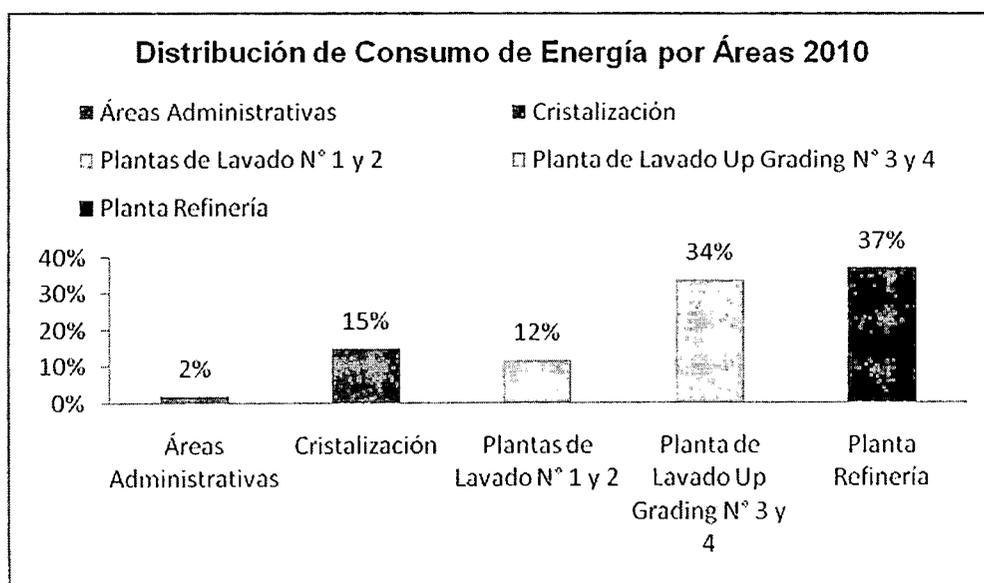
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13: Salinas Huacho distribución Promedio de Energía, 2010

Descripción	Consumo	Consumo
	Porcentual	Kwh
Áreas Administrativas	2%	82 295
Cristalización	15%	617 216
Plantas de Lavado N° 1 y 2	12%	493 772
Planta de Lavado <i>Up Grading</i> N° 3 y 4	34%	1 399 022
Planta Refinería	37%	1 522 465
TOTAL	100%	4 114 770

Fuente: Elaboración propia

Según la información de la figura 31, se observa que las áreas de mayor consumo de energía eléctrica son las Plantas de Lavado (34% y 12%) y la Planta de Refinería (37%). El consumo de energía eléctrica en ambas plantas se debe principalmente por los motores eléctricos de los equipos (bombas, fajas transportadoras, molinos, etc.) y el alumbrado de las instalaciones.

**Figura 31:** Distribución de consumo de energía por áreas (2010)

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Diesel (B2)

El combustible diesel (B2) es usado principalmente para el funcionamiento de compresoras y motobombas en el área de Cristalización y del Secador rotatorio de la Planta Refinería.

Además es el combustible de las maquinarias pesadas (unidades móviles) que trabajan constantemente en todas las áreas de la Planta.

El consumo principalmente se divide en 2 grandes grupos:

- Para las unidades móviles y compresoras, involucradas en las etapas de extracción, cristalización y lavado.
- Para el consumo de la Planta de Refinería, del secador, compresor de aire y grupo electrónico.

A continuación en los cuadros 14 y 15, se indica el consumo mensual de B2, en cada área:

Cuadro 14: Consumo Mensual de Diesel – Almacén Unidades Móviles (2010)

MES	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
CONSUMO TOTAL (gal)	9,989	11,305	17,733	11,517	13,264	12,753	14,524	13,671	14,541	16,681	17,692	11,000	164,670
UNIDADES MOVILES	538	608	1,161	898	874	869	929	863	929	893	916	673	10,151
SERV.GENERALES	5	0	0	0	5	7	10	4	4	1,025	1,475	1,372	3,907
CRISTALIZACION	1,380	1,320	3,600	2,245	2,531	1,265	1,485	1,387	744	800	858	1,292	18,907
EXTRACCION	1,959	2,162	2,789	2,365	2,478	2,483	2,464	2,431	2,512	2,303	2,513	2,164	28,623
LAVADO y APILADO	1,757	1,955	2,488	2,200	2,273	2,268	2,199	2,208	2,261	2,026	2,311	1,960	25,906
PROY. CONST. CRISTAL.	4,350	5,260	7,695	3,809	5,103	5,861	7,437	6,778	8,091	9,634	9,619	3,539	77,176

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 33 de consumos y en la figura 32 de consumos por centro de costo, el mayor consumo de diesel se da en Proyectos de Construcción, referido a la ampliación de nuevas pozas de concentración y cristalizadores.

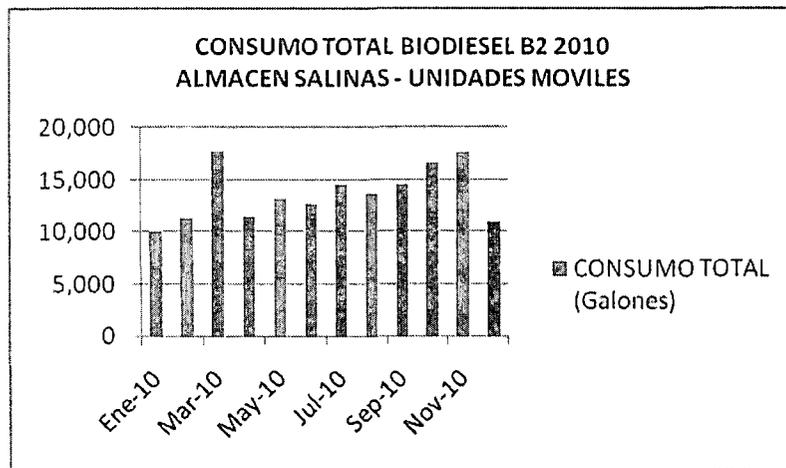


Figura 33: Consumo B2 Almacén Salinas - Unidades Móviles

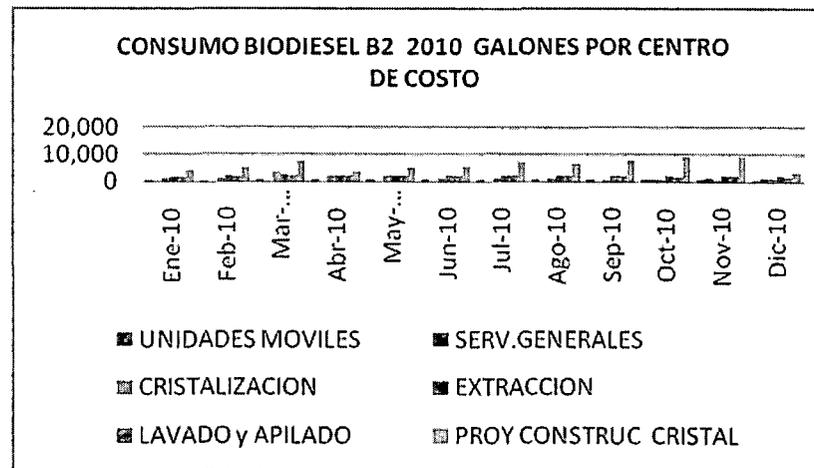


Figura 32: Consumo B2 por Centro de Costo

Cuadro 15: Consumo mensual de Diesel – Almacén Planta Refinería

MES	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
CONSUMO TOTAL (gal)	14,861	14,020	15,804	15,141	14,559	13,777	10,152	14,890	14,751	15,938	14,296	10,948	169,137
GRUPO ELECTROG.	380	80	1,340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,800
SECADOR REFINERIA	14,481	13,940	14,464	15,141	14,559	13,777	10,152	14,890	14,751	15,938	14,296	10,948	167,337

Fuente: Elaboración propia

Los meses de enero, febrero y marzo hubo problemas con el abastecimiento de energía eléctrica en la zona por lo que se debió hacer uso de un Grupo Electrónico. Los meses de junio y julio son de menor consumo debido a paradas de planta para mantenimiento de equipos.

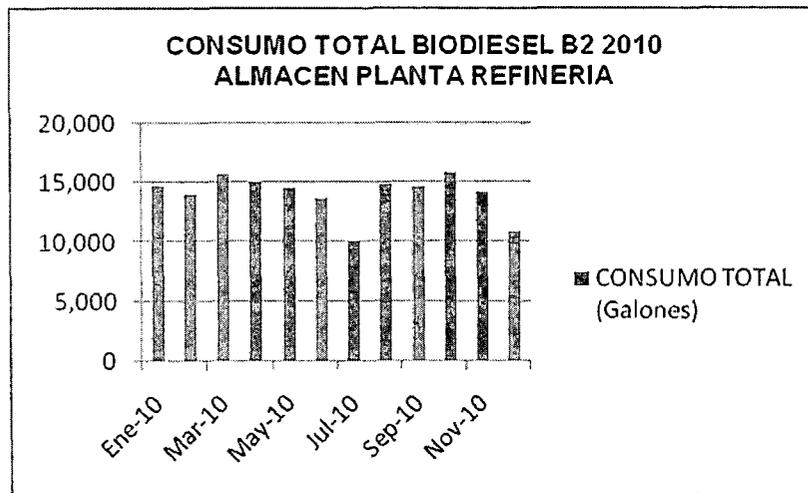


Figura 35: Consumo total de Biodiesel B2- Almacén Planta Refinería

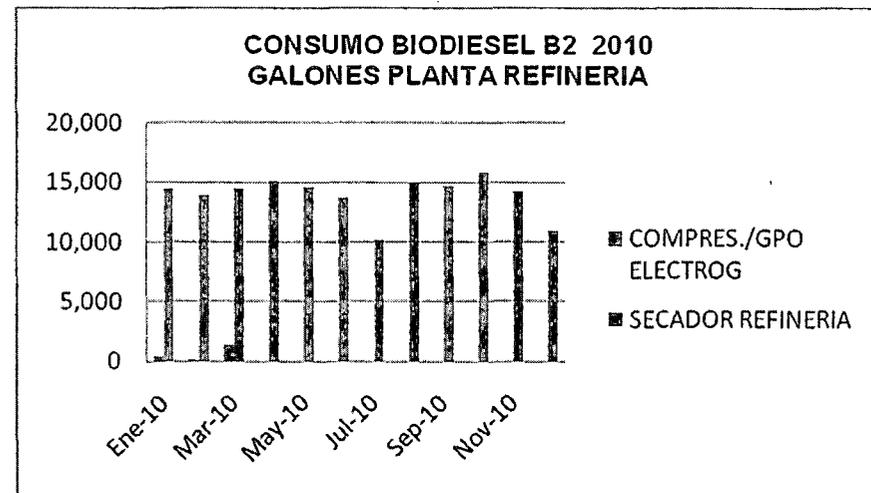


Figura 34: Consumo Biodiesel B2 2010
Galones Planta Refinería

Para un análisis comparativo, se graficó el consumo de ambos almacenes: unidades móviles y planta refinera lo cual se muestra en la figura 36.

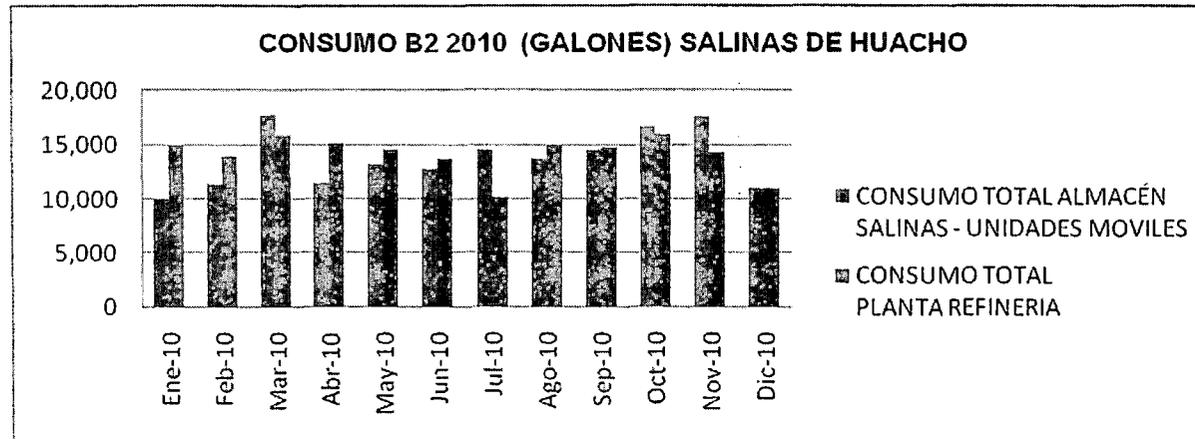


Figura 36: Consumo de B2 – Almacén Unidades móviles y Planta Refinería

Fuente: elaboración propia

De la información de las cuadros 14 y 15 se calcula el consumo total mensual:

Cuadro 16: Consumo total de Diesel B2 del año 2010.

Salinas Huacho		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Unidades Móviles		9,989	11,305	17,733	11,517	13,264	12,753	14,524	13,671	14,541	16,681	17,692	11,000	164,670
Planta Refinería		14,861	14,020	15,804	15,141	14,559	13,777	10,152	14,890	14,751	15,938	14,296	10,948	169,137
Consumo Total Diesel 2010	(gal)	24,850	25,325	33,537	26,658	27,823	26,530	24,676	28,561	29,292	32,619	31,988	21,948	333,807

Fuente: Elaboración propia

El mayor consumo de diesel en unidades móviles es debido a los proyectos de construcción de nuevas pozas de concentración y cristalización, que no se puede disminuir por requerimiento de área de producción. Sin embargo se puede disminuir el consumo de la Planta Refinería proponiendo una repotenciación del secador y evaluando el cambio de la matriz energética para reducir el costo de producción.

3.3.3 Agua

El abastecimiento de agua a las Salinas de Huacho se realiza mediante compra directa de agua potable a la Empresa Municipal de agua potable y alcantarillado EPS EMAPA Huacho S.A.

La distribución de uso de agua se puede observar en el cuadro 17.

Cuadro 17: Almacenamiento de Agua Campamento Salinas Huacho

N°	Código	Usuarios	Ubicación	Capacidad Tanque m ³	Requerimiento Mensual de Agua
1	TK 01	VISITAS (KIOSKOS)	COSTADO DE KIOSKOS	3,3	13,20
2	TK 02	COMEDOR	ZONA SUR	5,2	62,40
3	TK 03	ALMACEN, OFICINAS Y LAB.	PARTE POSTERIOR DE ALMACEN	7,2	57,60
4	TK 04	BALANZA	PARTE POSTERIOR OF.DESPACHO	2,0	24,00
5	TK 05	SS. HH.-MANTTO.	ZONA OESTE	2,1	42,00
6	TK 06	SS. HH.-REFINERIA	ZONA OESTE	3,2	64,00
7	TK 07	PLANTA 1 (COMEDOR ANTIGUO)	ANTIGUAS OFICINAS	3,8	15,20
8	TK 08	MAQ.ENVAS.(SOLUCION)	PARTE POSTERIOR REFINERIA	2,2	35,20
9	TK 09	CASAS DE VISITA	ZONA SUR DE LOS KIOSKOS	3,3	13,20

10	TK 10	CANAL DE AMARGOS	ZONA NORTE	7,5	45,00
11	TK 11	LAVADERO DE CARROS	ZONA SUR	15,0	30,00
12	TK 12	LAVADO DE MAQ.PESADA	ZONA OESTE	15,0	60,00
13	TK 13	LAVADO DE PARVAS	PLANTA LAVADO	15,0	120,00
14	TK 14	VILLA DEFENSE	BLOQUE CASAS	5,0	20,00
TOTAL m³				89,8	601,80

Fuente: Elaboración propia

3.4 Costo de Insumo

A continuación se muestran cuadros de consumos de la energía eléctrica, diesel B2 y agua, usados para la producción de sal, asociados con sus respectivos costos:

3.4.1 Energía Eléctrica

En el cuadro 18 se observa los consumos y costos mensuales de energía eléctrica durante el año 2010.

Cuadro 18: Consumo y Costos de Energía 2010

Salinas Huacho	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	dic.	Total
Consumo Energía Total 2010 (Kwh)	350,630	342,760	295,680	387,800	368,760	390,240	358,160	331,610	366,890	334,770	273,460	314,010	4,114,770
Factura Eléctrica Edelnor 2010 (S/.)	62,746	58,798	53,516	64,055	59,441	59,599	57,169	54,464	56,027	53,725	49,955	59,691	689,187

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Diesel B2

En el cuadro 19 se observa los consumos y costos mensuales de combustible diesel B2 durante el año 2010.

Cuadro 19: Consumo y Costos de Diesel B2 2010

Salinas Huacho	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Consumo Diesel 2010 (gal)	24,850	25,325	33,537	26,658	27,823	26,530	24,676	28,561	29,292	32,619	31,988	21,948	333,807
Costo Diesel 2010 (\$/gal)	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
Costo Total 2010 (\$)	65,604	66,858	88,538	70,377	73,453	70,039	65,145	75,401	77,331	86,114	84,448	57,943	881,250

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Agua

En el cuadro 20 se observa los consumos y costos mensuales de agua durante el año 2010.

Cuadro 20: Consumo y Costos de Agua 2010

Salinas Huacho	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Consumo Agua 2010 (m ³)	601.8	601.8	601.8	601.8	601.8	601.8	601.8	601.8	601.8	601.8	601.8	601.8	7,222
Costo Agua 2011 (S/. / m ³)	3.892	3.892	3.892	3.892	3.892	3.892	3.892	3.892	3.892	3.892	3.892	3.892	3.892
Costo Total 2010 (S/.)	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	28,106

Fuente: Elaboración propia

3.5 Ratios de Producción por consumo de recursos (diesel, energía eléctrica y agua)

3.5.1 Cristalización y Extracción de Sal: En el cuadro 21 se observan ratios de consumo de Combustible y Energía por toneladas producidas de sal cristalizada y extraída, los cuales se encuentran graficados en la figura 37.

Cuadro 21: Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Cristalización y Extracción de Sal

CRISTALIZACIÓN Y EXTRACCIÓN DE SAL													
Subproceso	Unidad	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10
PRODUCCIÓN	t	60,746	54,497	53,773	46,159	36,190	22,449	17,745	21,757	26,412	36,221	43,872	49,188
CONSUMO	GAL	1,380	1,320	3,600	2,245	2,531	1,265	1,485	1,387	744	800	858	1,292
Cristalización	Gal B2 consum / TM Sal Cristalizada	0.023	0.024	0.067	0.049	0.070	0.056	0.084	0.064	0.028	0.022	0.020	0.026
PRODUCCIÓN	t	34,290	36,760	43,885	40,515	44,985	43,155	41,730	47,050	43,970	38,980	42,230	42,360
CONSUMO	GAL	1,959	2,162	2,789	2,365	2,478	2,483	2,464	2,431	2,512	2,303	2,513	2,164
Extracción	Gal B2 consum / TM Sal Cosechada	0.057	0.059	0.064	0.058	0.055	0.058	0.059	0.052	0.057	0.059	0.060	0.051
TODOS	Kw-h/TM Sal Cristalizada	0.0050	0.0055	0.0056	0.0065	0.0083	0.0135	0.0170	0.0139	0.0114	0.0083	0.0069	0.0061

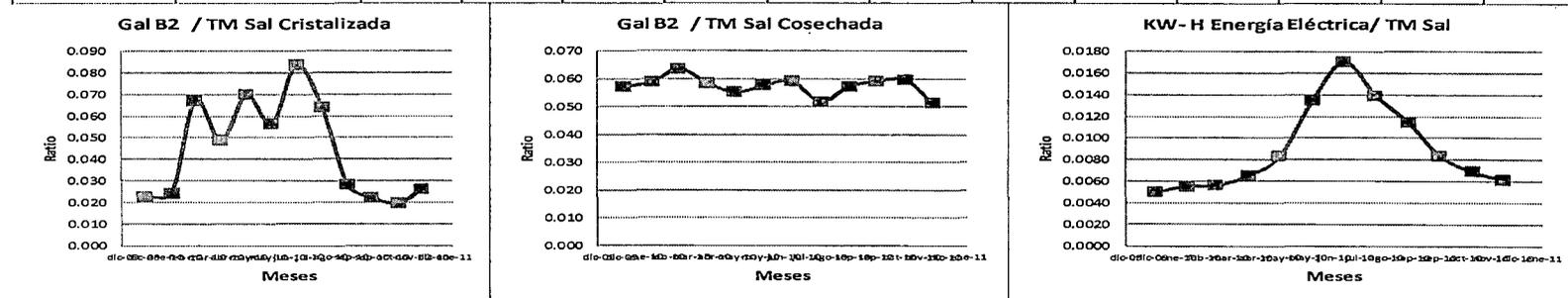


Figura 37: Gráficos Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Cristalización y Extracción de Sal

Un proceso controlado debería reflejar una tendencia lineal constante en las gráficas mostradas, sin embargo se puede observar:

- Para cantidades producidas similares el consumo de galones de diesel se incrementa a más del doble para el caso de los meses de febrero y marzo. Esto se debería a fallas, fugas y falta de mantenimientos en las compresoras de combustible e inadecuada operación. Se evidencia en la variabilidad de la curva del gráfico de la izquierda.
- En la gráfica del centro para el proceso de extracción y cosecha de la sal, se usa maquinaria pesada como motoniveladora y cargadores frontales, las cuales cuentan con un plan de mantenimiento preventivos y los operadores tienen amplia experiencia, evidenciando un ratio constante por ende un proceso mejor controlado.
- En el mes de julio, se tiene programado la parada de planta anual para realizar mantenimientos a los equipos e instalaciones, bajando la cantidad de salmuera cristalizada y sal cosechada, sin embargo los equipos (compresoras eléctricas) siguen funcionando para mantener las concentraciones de salmuera en las lagunas de cristalización, evidenciando en la gráfica de la derecha.

3.5.2 Lavado de Sal: En el cuadro 22 se observan ratios de consumo de Combustible y Energía por toneladas producidas de sal lavada, los cuales se encuentran graficados en la figura 38.

Cuadro 22: Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Lavado de Sal

PLANTAS DE LAVADO													
Subproceso	Unidad	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10
PRODUCCIÓN	t	25,884	27,956	33,380	30,988	34,334	32,862	31,780	36,058	33,598	31,540	32,031	32,228
CONSUMO	GAL	1,757	1,955	2,488	2,200	2,273	2,268	2,199	2,208	2,261	2,026	2,311	1,960
Lavado de Sal	Gal B2 consum / TM Sal Lavada	0.068	0.070	0.075	0.071	0.066	0.069	0.069	0.061	0.067	0.064	0.072	0.061
TODOS	Kw-h/TM PT	—	—	—	—	—	—	—	0.9	3.9	3.1	3.1	2.9

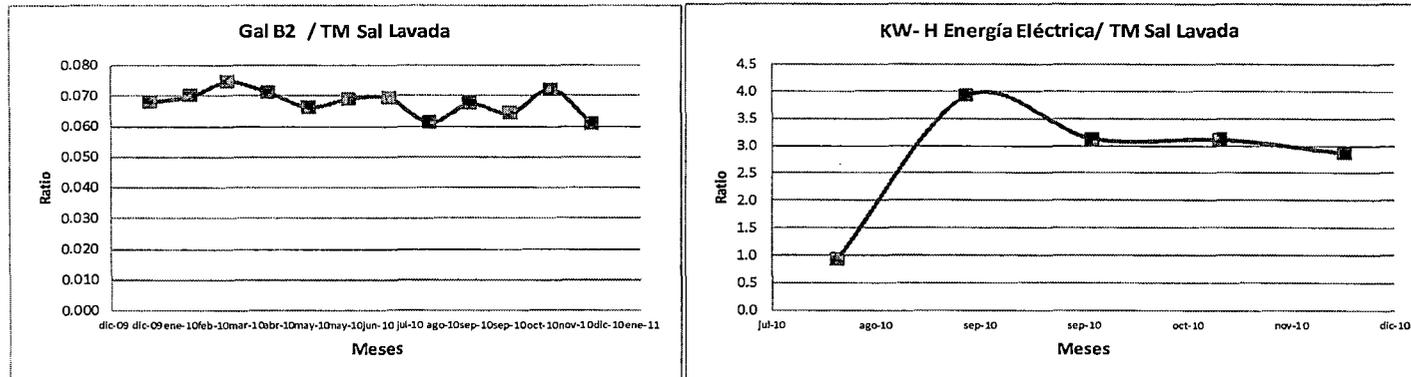


Figura 38: Gráficos Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Lavado de Sal

- Para el proceso de lavado, se observa en la gráfica de la izquierda una curva casi constante, debido al uso de maquinaria pesada (cargadores frontales), los cuales cuentan con un plan de mantenimiento preventivos y los operadores tienen amplia experiencia.
- En la segunda gráfica de la derecha, consumos de energía eléctrica por toneladas de producción sólo se tiene data de agosto a diciembre, debido que recién se empezó a medir para fines de la implementación del programa de PML, el consumo es debido a las fajas transportadoras, bombas, centrífuga, alumbrado.

3.5.3 Refinación de Sal: En el cuadro 23 se observan ratios de consumo de Combustible y Energía por toneladas producidas de sal refinada, los cuales se encuentran graficados en la figura 39.

Cuadro 23: Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Refinación de Sal

PLANTA REFINERÍA DE SAL													
Subproceso	Unidad	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10
PRODUCCIÓN	t	5,488	4,980	5,616	6,128	5,682	4,328	4,043	6,009	6,142	6,215	5,312	4,629
CONSUMO	GAL	14,861	14,020	15,804	15,141	14,559	13,777	10,152	14,890	14,751	15,938	14,296	10,948
Secado	GLS/TM PT	2.71	2.82	2.81	2.47	2.56	3.18	2.51	2.48	2.40	2.56	2.69	2.37
TODOS	Kw-h/TM PT	—	—	—	—	—	—	—	15.30	17.10	15.60	17.80	17.50
	m3/TM PT	0.0064	0.0054	0.0059	0.0056	0.0054	0.0056	0.0058	0.0055	0.0052	0.0048	0.0044	0.0045

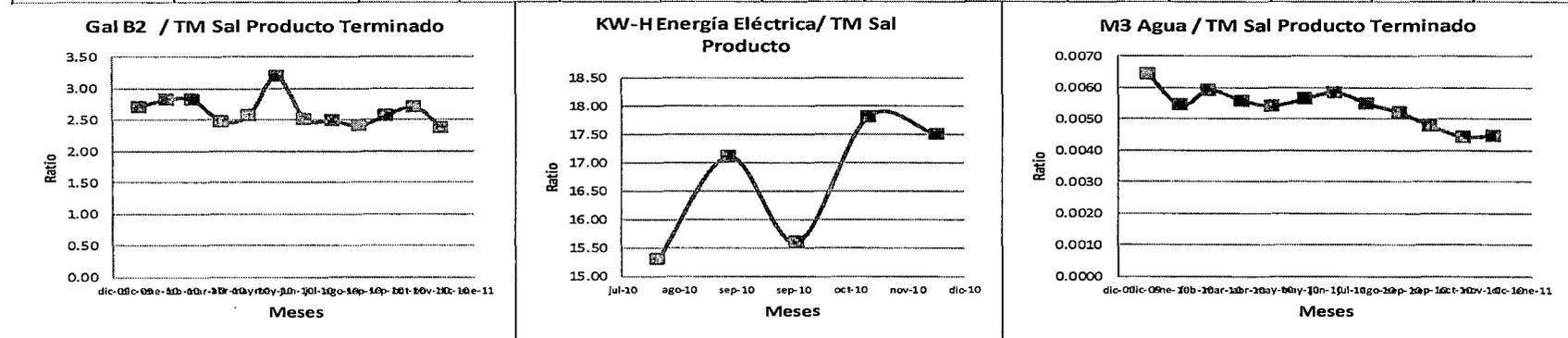


Figura 39: Gráficos Ratios de Consumo de Insumos por Producción – Etapa Refinación de Sal

- Para el proceso de refinación de sal, se observa en la primera gráfica (empezando de la izquierda) una curva con variaciones en su tendencia, debido a que el control operacional en los equipos no está dominado del todo.
- En la segunda gráfica, consumos de energía eléctrica por toneladas de producción sólo se tiene data de agosto a diciembre, debido que recién se empezó a medir para fines de la implementación del programa de PML, el consumo es debido a las fajas transportadoras, bombas, centrífuga, alumbrado.
- En la tercera gráfica (empezando de la izquierda), consumo de agua por toneladas de producción se puede observar una tendencia a la disminución de los consumos. Hay que considerar que esta agua es utilizada para la preparación de aditivos de la sal.

En general de las figuras 37, 38 y 39 anteriormente mostradas se puede observar que en las tres principales áreas de producción cosecha-extracción, lavado y refinación, no hay un adecuado control operacional con respecto al uso de algunos recursos, destacando principalmente el combustible.

Esto se debe principalmente a:

- Falta de buenas prácticas operativas.
- Falta de especificación de Procesos y Estandarización.
- Falta de capacitación técnica y ambiental.
- Tecnología Obsoleta.
- Falta de Mantenimientos Preventivos.

3.6 Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas al ambiente están constituidas principalmente por:

- Las emisiones de gases de combustión provenientes del secador de la refinería de sal.
- Las emisiones de material particulado (principalmente sal) proveniente del secador de la refinería de sal.
- Las emisiones de gases de combustión y de material particulado provenientes de las unidades de transporte (cargadores, camiones, camionetas, etc.) que circulan en el área de emplazamiento de Las Salinas Huacho.
- Las emisiones de gases y material particulado de los compresores de las pozas de cristalización 10 y 11 los cuales funcionan a base de combustible diesel B2.

Semestralmente, la empresa SGS realiza los monitoreos para ser presentados según el DAP (Diagnostico Ambiental Preliminar) a PRODUCE.

3.6.1 Monitoreo de la Calidad del Aire en la Zona de la Planta.

Fuentes de emisión en el área de influencia

En el área de influencia podemos identificar algunas fuentes de emisión atmosférica que pueden afectar la calidad del aire de la zona, tales como:

- Fuentes de Emisión Fijas: Las emisiones de la Refinería de sal y compresores a Diesel.
- Fuentes de Emisión Móviles: Unidades de transporte de diverso tipo que circulan por las vías de acceso de la concesión, tales como camiones, montacargas, camionetas, y otros.
- Fuente de Emisión Natural: La acción del viento (fuente natural) que incrementa la concentración de partículas en el ambiente por tratarse de un terreno árido.

Metodología de Análisis y Muestreo

La metodología de análisis y muestreo para cada contaminante se detalla en los cuadros 24 y 25.

Cuadro 24: Metodología de muestreo y análisis

PARÁMETRO	MÉTODOS DE ANÁLISIS	MÉTODOS DE MUESTREO
PM10, partículas menores a 10 micras	EPA/625/R-96/010a Method IO-2.3 (1999)	Colección en filtro de fibra de vidrio, con un equipo de Bajo Volumen.
SO ₂ , Óxidos de azufre	Método de la Pararosanilina	Absorción en solución captadora, método dinámico.
NO _x , Óxidos de nitrógeno	Método Griess-Saltzman	Absorción en solución captadora, método dinámico.
CO, Monóxido de carbono	ASTM D 3669 – 78T	Absorción en solución captadora, método dinámico.

Cuadro 25: Equipos de muestreo

PARÁMETRO	EQUIPO	MARCA
PM10, partículas menores a 10 micras	Muestreador de Bajo Volumen	TCR – TECORA BRAVO/M-PLUS
SO ₂ , Óxidos de azufre	Tren de Muestreo Doble	ROTAMETRO GILMONT
NO _x , Óxidos de nitrógeno	Tren de Muestreo Doble	ROTAMETRO GILMONT
CO, Monóxido de carbono	Tren de Muestreo Doble	ROTAMETRO GILMONT

Los puntos de las instalaciones donde se realizó el muestreo para calidad de aire por la empresa SGS se muestran en el cuadro 26:

Cuadro 26: Puntos de muestreo de aire

Componente	Código Estación	Ubicación	Parámetros
Aire (Calidad de Aire)	CA - 1	Sotavento al norte de Pta. Refinería, altura del cristalizador 5C	Partículas PM10
			Dióxido de Nitrógeno - NO2
			Monóxido de Carbono - CO
			Dióxido de Azufre - SO2
	CA - 2	Barlovento al sur, frente a los concentradores	Partículas PM10
			Dióxido de Nitrógeno - NO2
			Monóxido de Carbono - CO
			Dióxido de Azufre - SO2

Los resultados promedio de los muestreos de calidad de aire en el año 2010 y el primer semestre del 2011 se muestran en el cuadro 27:

Cuadro 27: Resultados Muestreo Calidad de Aire

DETALLES					2010	2011
Estación	Pto.	Parámetros	Unid.	LMP	FEB2010	1SEM
CA-1	S	CO	ug/m ³ N	10000 ₁	4700	572.6
CA-2	B	CO	ug/m ³ N	10000 ₁	4416.7	572.6
CA-1	S	NO2	ug/m ³ N	200 ¹	<LD	4
CA-2	B	NO2	ug/m ³ N	200 ¹	<LD	4
CA-1	S	PM-10	ug/m ³ N	150 ¹	35.9	10.6
CA-2	B	PM-10	ug/m ³ N	150 ¹	22.2	11.3
CA-1	S	SO2	ug/m ³ N	80 ¹	<LD	3
CA-2	B	SO2	ug/m ³ N	80 ¹	<LD	3

(1) D.S. N° 074-2001-PCM- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire.

(2) S=Sotavento, B=Barlovento

Las concentraciones de partículas respirables (PM₁₀) en ambas estaciones, son bajas comparadas con el estándar aplicable (D.S. N° 074-2001-PCM.).

Las concentraciones de monóxido de carbono en ambas estaciones se encuentran por debajo del estándar de calidad del aire establecido para este parámetro (D.S. N° 074-2001-PCM).

Las concentraciones de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno están por debajo del límite de detección del laboratorio.

De acuerdo a estos resultados se puede afirmar que las operaciones de la planta Las Salinas de Huacho no afectan significativamente la calidad del aire.

3.6.2 Gases

Metodología y Equipos

Para los análisis se utilizó un analizador de gases electrónico portátil marca TESTO modelo 350 que analiza: CO, SO₂, NO_x, O₂, CO₂ y lleva incorporado una termocupla para medición de temperatura. Los componentes del gas son analizados mediante celdas electroquímicas específicas para cada componente, incorporadas en el interior del instrumento. En el cuadro 28 se resume la metodología empleada:

Cuadro 28: Metodología de muestreo y análisis

Parámetro	Método de análisis	Método de referencia	Rango	Equipo
Partículas	Analítico	AP42-EPA	-	-
Hidrocarburos	Analítico	AP42-EPA	-	-
Velocidad	Manométrico	2C-EPA	0 – 30 m/s	Analizador de gases de combustión Testo 350
Temperatura	Termométrico	CTM-030-EPA	-40 – 1 000 °C	
Dióxido de azufre	Electroquímico		0 – 5 000 ppm	
Monóxido de carbono			0 – 40 000 ppm	
Óxidos de Nitrógeno			0 – 3 000 ppm	
Oxígeno			0 – 21%	

3.6.3 Material particulado

Las mediciones se realizaron utilizando un equipo muestreador isocinético de material particulado ISOSTACK marca TCR TECORA (Homologada por la Environment Protection Agency – EPA).

Los métodos EPA seguidos internamente por el instrumento son los siguientes:

Método 1 EPA: Determinación de los puntos de muestreo transversales para la determinación de velocidad en fuentes estacionarias.

- Método 2 EPA: Determinación de velocidad y flujo volumétrico de gases en chimenea.
- Método 4 EPA: Determinación del contenido de humedad en gases de chimenea.
- Método 5 EPA: Determinación de emisiones de partículas en fuentes estacionarias.

La metodología seguida y equipos se detallan en el cuadro 29:

Cuadro 29: Metodología de muestreo y análisis

PARÁMETRO	MÉTODO REFERENCIA	MÉTODO DE ANÁLISIS	EQUIPO/ INSTRUMENTO
Partículas	EPA Method 5	Gravimétrico	Muestreador Isocinético / TCR TECORA Isostack Basic

Los detalles del punto de muestreo por la empresa SGS se muestran en el cuadro 30:

Cuadro 30: Puntos de muestreo de Emisiones Atmosféricas

Componente	Código Estación	Ubicación	Parámetros
Aire (Emisiones Atmosféricas)	FE - 1	Chimenea del Secador de Planta Refinería	Partículas
			Monóxido de Carbono - CO
			Dióxido de Azufre - SO ₂
			Óxido de Nitrógeno - NO _x
			Dióxido de Carbono - CO ₂

Los resultados de Emisiones Atmosféricas en el año 2010 y el primer semestre del 2011 se muestran en el cuadro 31:

Cuadro 31: Resultados Emisiones Atmosféricas

ESTACIÓN	PARAMETROS MEDIDOS	UNIDAD.	LMP ₁	2010	2011
				En10	1Sem
FE-1	Partículas	mg/Nm ³	100 ²	446	212.10
FE-1	CO	mg/Nm ³	500 ³	0	0.4
FE-1	NO _x	mg/Nm ³	320 ¹	361	29.4
FE-1	SO ₂	mg/Nm ³	2000 ₁	223.8	0

(1) ICF/BM Corporación de Finanzas Internacional del Banco Mundial. General Environmental Guidelines (01-07-98)

(2) R.M. N° 315 - EM/VMM Niveles Máximos Permisibles de Emisiones de Gases y Partículas para actividades minero - metalúrgicas

(3) Decreto presidencial 2225: Norma sobre el control de la contaminación atmosférica. 23 de Abril de 1992. Rep. Venezuela

* No requerido por Min Produce con la aprobación del DAP

Desde el punto de vista ambiental, en nuestro país aún no se cuentan con límites máximos permisibles de emisiones para la industria de la sal; Para fines de comparación de los resultados de monitoreo en este informe se considera la Guía General del IFC del Banco Mundial, Límites para Emisión de Partículas del Sector

Minero y una norma española para el caso de monóxido de carbono.

Las concentraciones de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno están por debajo de los límites tomados como referencia, mientras que las emisiones de material particulado superan ampliamente el límite tomado como referencia, cabe mencionar que estas emisiones están constituidas principalmente por partículas de sal.

No se ha reportado emisiones de monóxido de carbono, lo cual indica que se está llevando un adecuado proceso de combustión.

Las emisiones de dióxido de azufre se deben principalmente al contenido de azufre en el combustible. Las emisiones de óxidos de nitrógeno se deben principalmente a la combustión del nitrógeno del aire de combustión altas temperaturas.

3.6.4 Monitoreo Ruido Ambiental - Salinas Huacho

Metodología y Equipos

Las mediciones de intensidad ruido se realizaron utilizando un sonómetro de la marca Quest, serie 2900 de las características siguientes:

- Normativas: Cumple o responde a ANSI S1.4- 1983, clase 2, IEC 651-1979 y IEC 804-1984.
- Resolución: 0,1 dB de resolución.
- Precisión: $\pm 0,3$ dB a 20°C y 760 mm Hg
- Distorsión: Menos del 1% dentro de los valores de humedad y temperatura dados.

- Mediciones: Nivel de presión sonora (SPL), Nivel de duración sonora equivalente (LEQ), Nivel máximo (LMAX), Nivel mínimo (LMIN), Nivel porcentual (LN), Nivel de exposición sonora (SEL), Nivel medio de valoración temporal (TWA), Nivel sonoro día / noche (LDN), Carga de ruido común (CNEL), Tiempo de superación de rango (%OL), Exposición (PA2H), Nivel pico (Peak) (LPK), Valores del nivel máximo por impulsos (TAKM) y tiempo de medición (Rttx).
- Rango de medición: 20 - 140 dB en pasos de 7 60 dB. Para el modelo 1900E: hasta 60 - 180 dB con micrófonos opcionales.
- Valoraciones de frecuencia: A, C y lineal.
- Valoración temporal: Slow, Fast, Impulse y Peak (lento, rápido, impulso y pico). Las mediciones con Peak pueden ser valoradas con A, C o LIN.

Los puntos de muestreo para ruido ambiental se muestran en el cuadro 32:

Cuadro 32: Puntos de Muestreo Ruido Ambiental

Componente	Código Estación	Ubicación	Parámetros
Aire (Ruido Ambiental)	RA - 1	Garita Central - Exterior	Nivel de duración sonora equivalente (LEQ) valorada con A
	RA - 2	Exterior Caseta de Control	
	RA - 3	Tranquera de Ingreso	
	RA - 4	Barlovento (Frente a concentradores)	
	RA - 5	Garita Ingreso Pan. Norte	

Los resultados promedios de Ruido Ambiental en el año 2010 y el primer semestre del 2011 se muestran en el cuadro 33:

Cuadro 33: Resultados Ruido Ambiental

RUIDO AMBIENTAL ESTANDAR AMBIENTAL			
CODIGO	ENE 2010	1SEM.2011	ESTANDAR AMBIENTAL
	NPSA eq	NPSA eq	
PERIODO DIURNO			
RA-1	49.5	70.2	80¹
RA-2	75.0	70.0	
RA-3	64.5	62.2	
RA-4	42.3	42.4	
RA-5	46.7	38.1	
PERIODO NOCTURNO			
RA-1	43.9	41.6	70¹
RA-2	--	43.3	
RA-3	--	41.8	
RA-4	--	44.9	
RA-5	--	51.2	

Los resultados de las mediciones realizadas desde el punto de vista ambiental indican que los niveles de ruido están por debajo del estándar aplicable a una zona industrial, pero superan en dos zonas el estándar para zonas residenciales, sin embargo hay que tener en cuenta que el campamento donde se encuentra la Planta esta alejado de viviendas aledañas.

3.7 Efluentes Líquidos

Los efluentes están constituidos principalmente por:

- Los amargos cuya composición se muestra en el cuadro 34 se envían a una zona de almacenamiento recubierta con geomembranas. Por su alto contenido de magnesio de esta solución ya no se puede obtener sal (cloruro de sodio) pues se cristalizarían también sales de magnesio lo cual perjudica la calidad del producto.

Cuadro 34: Análisis Químico Amargos

2009	Análisis Químico – g/l				
	CaSO ₄	MgSO ₄	MgCl ₂	NaCl	°Be
10/01/2009	0,510	55,939	112,447	143,118	28,0
23/01/2009	0,655	71,060	113,367	179,735	28,1
03/02/2009	0,546	66,880	145,407	145,832	28,5
16/04/2009	0,710	61,924	138,704	150,378	28,5
17/04/2009	0,765	60,984	137,500	145,300	28,4
27/04/2009	0,874	58,036	140,710	148,087	28,3
04/05/2009	0,601	59,133	143,855	146,377	28,4
06/05/2009	0,546	61,747	143,735	143,213	28,5
07/05/2009	0,546	61,177	142,276	148,346	28,2
11/05/2009	0,492	61,510	144,438	142,394	28,4
05/06/2009	0,601	57,137	134,926	154,740	28,0
16/07/2009	0,710	53,333	123,529	146,772	28,3
Promedio	0,649	60,162	134,813	140,521	28,3

Fuente: Elaboración propia

- El efluente de la planta de lavado de sal, constituido por salmuera diluida de procedencia marina usada para remover impurezas y sólidos suspendidos, luego del lavado el efluente es enviado a 03 pozas en serie donde sedimentan los sólidos en suspensión y posteriormente el agua recircula a la planta de lavado previa adición de agua de mar fresca. Los resultados de las mediciones a los efluentes de las Plantas de Lavado se muestran en el cuadro 35:

Cuadro 35: Resultados monitoreo de efluentes líquidos Plantas de Lavado

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	L.M.P.*
pH		7,6	5,0 a 8,5
Temperatura	(°C)	23	< 35
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	100,0

DBO ₅	mg/L	2,0	1000
Sólidos Sedimentables, SS	mL/L	0,1	8,5

* D.S. N° 28-60-PL (29/11/60)

Fuente: Diagnostico Ambiental Preliminar (DAP) Salinas de Huacho 2010

El resultado del análisis realizado indica que todos los parámetros analizados están por debajo del límite de referencia.

- Aguas servidas de los servicios higiénicos que son dispuestos a través de un pozo séptico el cual recibe un mantenimiento periódico para realizar la limpieza y retiro de los sedimentos.
- Efluentes de lavado de maquinaria pesada. Estos efluentes contienen grasas y aceites. Se cuenta con una trampa de grasa en el lavadero de maquinaria pesada, la cual recibe un mantenimiento periódico para realizar la limpieza y retiro de los sedimentos.

3.8 Residuos Sólidos

Los residuos sólidos generados por la operación de Las Salinas están constituidos principalmente por:

- Sólidos de las pozas de sedimentación de la planta de lavado, usados para afirmar las vías de acceso.
- Bolsas vacías por fallas en el envasado.
- Chatarra, piezas de metal en desuso.
- Envases vacíos de pintura.
- Aceites usados, del área de mantenimiento.
- Trapo industrial usado: Contienen normalmente grasa o aceite y potencialmente es combustible (puede arder si se hace llama abierta y se coloca muy cerca).
- Eventualmente: Fluorescente y focos (contiene residuos de mercurio).
- Residuos de limpieza de las instalaciones.
- Residuos de oficina (papelería)
- Residuos de baños
- Residuos del comedor

Cuadro 36: Generación de Residuos Sólidos 2010

REPORTE RRSS SALINAS HUACHO 2010 ACUMULADO			Residuos No comerciales	Total
			Precio S/.	
No reaprovechables	281	cilindros	10	2810,00
Peligroso	165	cilindros	90	14850,00
Costo de Disposición de RRSS No Reaprovechables y Peligrosos S/.				17660,00

Fuente: Elaboración propia

Debido a que no existe una Gestión Integral de Residuos Sólidos no se contemplan políticas de reducción, reutilización y reciclado de residuos sólidos. Al momento del estudio los residuos sólidos se venían almacenando temporalmente sin ningún criterio de segregación.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Proceso de Producción de Sal: Diagrama de Flujo de Proceso

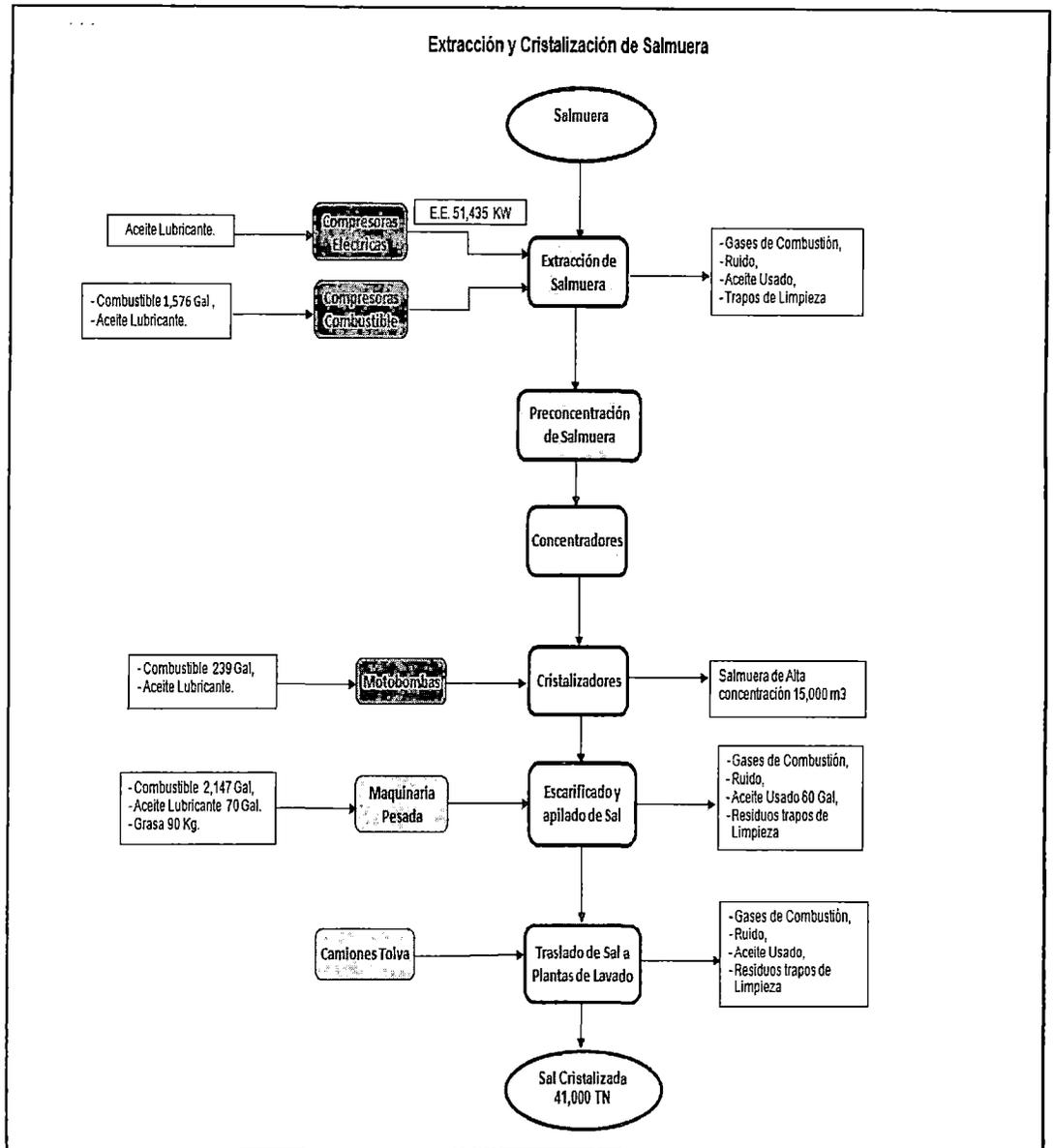


Figura 40: Diagrama de flujo: Proceso de Extracción y Cristalización de Salmuera

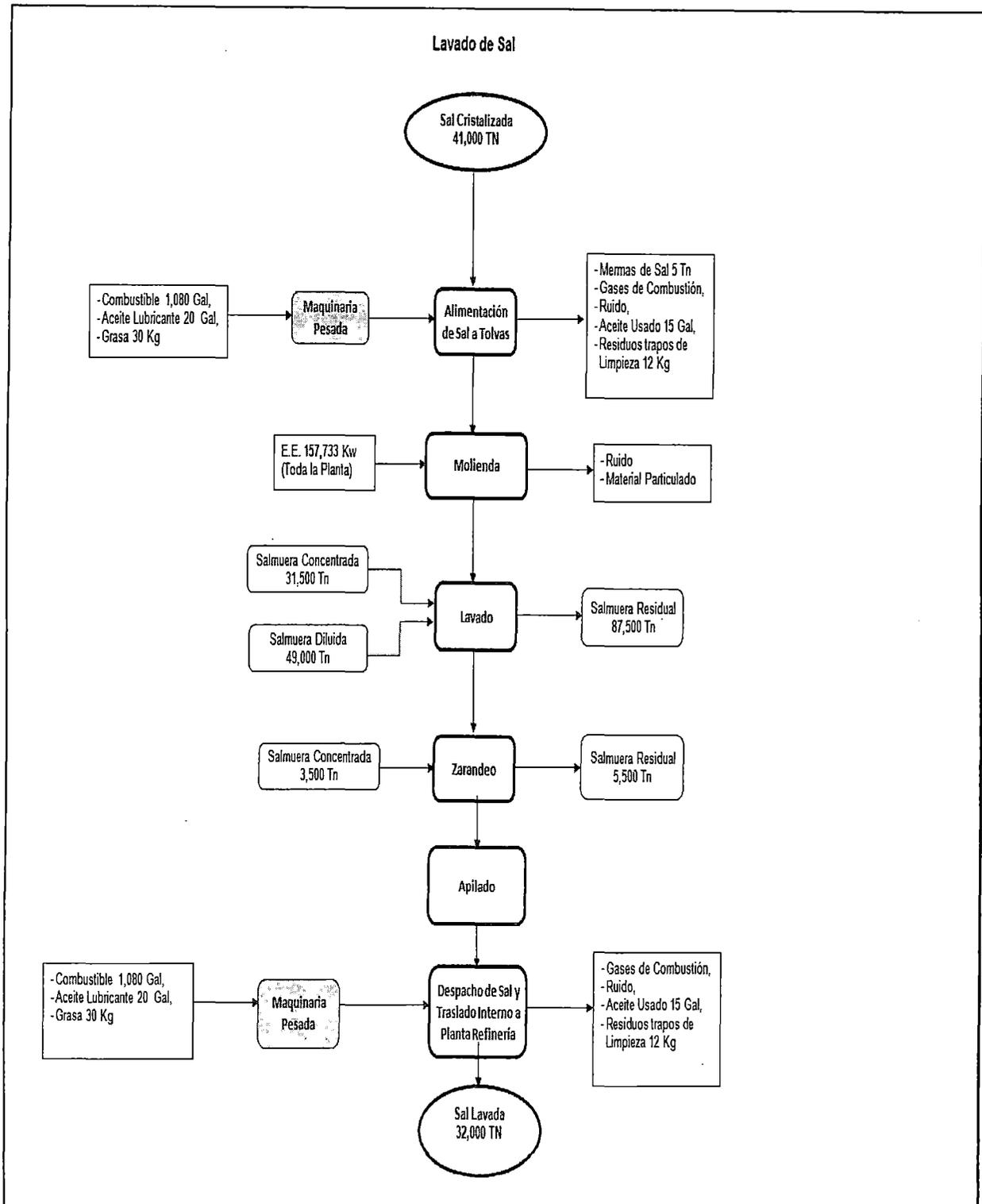


Figura 41: Proceso de Lavado de Sal

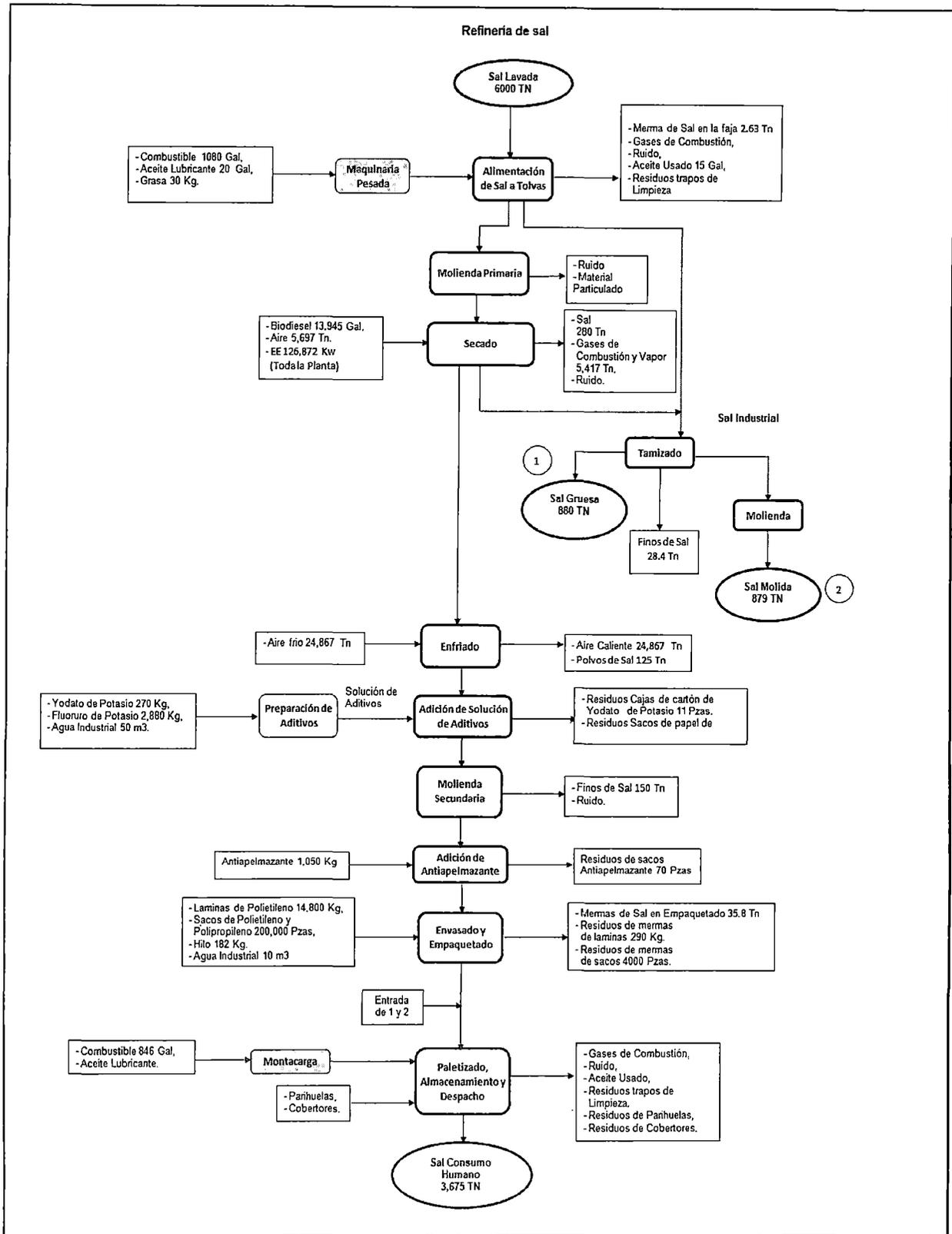


Figura 42: Proceso Refinación de Sal de Consumo Humano y Sal Industrial

De los diagramas se observa en el cuadro 37 de manera resaltante lo siguiente:

Cuadro 37: Datos Resaltantes de los Diagramas de Flujo

EXTRACCIÓN DE SALMUERA
El consumo de combustible en compresoras es de 1576 galones mensuales.
CRISTALIZACIÓN DE SALMUERA
El consumo de combustible en motobombas es de 239 galones mensuales.
Se genera 15 000 m ³ de salmuera residual de alta concentración evacuada antes de extraer la sal cristalizada.
LAVADO DE SAL
Se genera 93 000 toneladas de salmuera residual utilizada para el lavado de la sal, de las cuales 13 000 toneladas son material sedimentable.
REFINACIÓN SAL CONSUMO HUMANO
En la etapa de secado y enfriado se consumen 13 945 galones de combustible diesel B2 mensuales y existen mermas de sal de 405 toneladas mensuales.
En la etapa de molienda secundaria existen mermas de 150 toneladas mensuales por remolido de sal.
En la etapa de empaquetado de sal se generan residuos de 290 Kg laminas de Polietileno y en la etapa de ensacado se generan residuos de 4000 sacos de polipropileno.

Fuente: Elaboración propia

4.2 Evaluación y selección de áreas y/o procesos donde se plantearan opciones de Producción más Limpia

Sobre la base de los estudios y análisis efectuados en las etapas anteriores se procede a evaluar todas las áreas, procesos y operaciones unitarias de la organización para seleccionar las prioritarias que justifiquen implementación del programa de Producción más Limpia. Para ello se han seleccionado los siguientes criterios (Ver cuadro 38):

Cuadro 38: Criterios para la selección de áreas prioritarias

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LAS ÁREAS PRIORITARIAS	
C1	Etapas de mayor generación de residuos y emisiones
C2	Etapas con mayores pérdidas económicas
C3	Costo de las materias primas y de la energía
C4	Costos por el manejo de residuos, efluentes y emisiones
C5	Riesgos para la seguridad del personal y el entorno
C6	Presupuesto disponible para la realización de las oportunidades de Producción Más Limpia

Fuente: GP 900200-2007 Guía Para La Implementación de P+L.

Después de analizar las áreas, procesos y operaciones unitarias de toda la empresa, se han considerado **PRIORITARIAS** aquellas que afectan a **por lo menos a 4 de los criterios** descritos en el cuadro 38 "Criterios para la Selección de las Áreas Prioritarias".

Como parte del diagnóstico de P+L se ha tenido como referencia la descripción del proceso (sección 3.1) y los diagramas de flujo (sección 4.1) que sirvió para evaluar los criterios antes mencionados, elaborándose los cuadros que se muestran a continuación:

**Cuadro 39: Aplicación de Criterios de Selección de Áreas Prioritarias en
Áreas y Procesos Salinas Huacho**

PROCESOS/ OPERACIONES UNITARIAS	CRITERIOS						Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Extracción de++ salmuera							
Extracción de salmuera					X		1
Compresoras Eléctricas			X		X		2
Compresoras Combustible	X		X	X	X		4
Pozas de Preconcentración de Salmuera					X		1
Pozas de Concentración					X		1
Cristalización de salmuera							
Pozas de Cristalización					X		1
Motobombas	X		X	X	X		4
Retiro de Salmuera de alta concentración	X		X	X		X	4
Cosecha de sal cristalizada							
Escarificado y apilado de Sal (Maquinaria Pesada)	X		X	X	X		4
Acarreo de sal cristalizada							
Traslado de Sal a Plantas de Lavado (Camiones Tolva - terceros)	X				X		2
Lavado de Sal							
Alimentación de Sal a Tolvas (Maquinaria Pesada)	X		X		X		3
Cuarto de control motores					X		1
Molienda			X				1
Lavado	X	X	X	X			4
Transferencia de salmuera para el lavado (Bombas)	X		X	X			3
Zarandeo			X				1
Apilado (faja transportadora)			X				1
Tratamiento de Salmuera Residual de Lavado	X		X	X		X	4
Traslado Interno a Planta Refinería (Maquinaria Pesada)	X		X	X	X		4
Despacho a otros centro y/o cliente (Camiones Tolva - terceros)	X				X		2
Refinación de Sal Consumo Humano							
Alimentación de Sal a tolvas (Maquinaria Pesada)	X		X	X	X		4

PROCESOS/ OPERACIONES UNITARIAS	CRITERIOS						Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Molienda Primaria			X				1
Secado	X	X	X	X	X	X	6
Enfriado	X	X	X	X		X	5
Preparación de Aditivos	X			X			2
Adición de Aditivos			X				1
Molienda Secundaria	X	X	X	X		X	5
Adición de Antiapelmazante	X			X			2
Envasado en Paquetes	X	X	X	X			4
Empacado	X	X		X		X	4
Ensacado (50Kg)	X	X		X		X	4
Paletizado	X			X			2
Uso de Montacargas	X		X	X			3
Sistema de Captación de Finos							
Exhaustor de Gases	X		X	X			3
Ciclones	X			X			2
Producción de Sal Industrial							
Alimentación de Sal a tolvas (Maquinaria Pesada)	X		X	X	X		4
Molienda Primaria			X				1
Secado	X	X	X	X	X	X	6
Tamizado					X		1
Molienda	X		X	X			3
Empacado	X	X		X		X	4
Ensacado (50Kg)	X	X		X		X	4
Paletizado	X			X			2
Uso de Montacargas	X		X	X			3
Almacenamiento y Despachos de producto terminado							
Almacenamiento	X			X			2
Uso de Montacargas	X		X	X			3

Fuente: Elaboración propia

Las áreas, procesos y operaciones unitarias que han sido afectadas **por lo menos por 4 de los criterios** son consideradas **áreas prioritarias** en el siguiente trabajo, las cuales son:

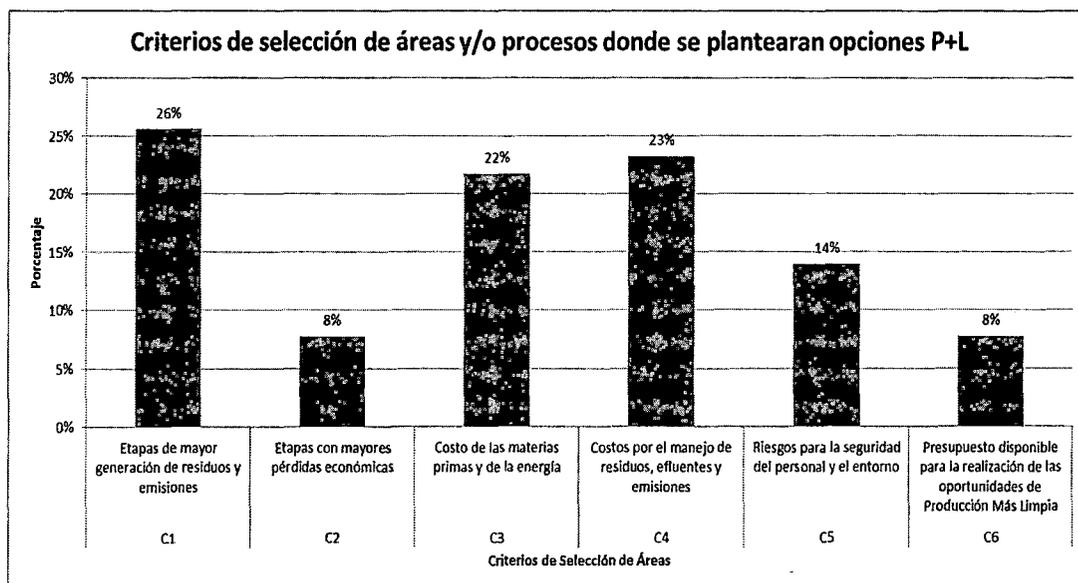
Cuadro 40: Áreas Prioritarias Seleccionadas

ÁREAS PRIORITARIAS	PROCESOS/ OPERACIONES UNITARIAS
Extracción de salmuera	Compresoras Combustible
Cristalización de salmuera	Motobombas
	Retiro de Salmuera de alta concentración
Cosecha de sal cristalizada	Escarificado y apilado de Sal (Maquinaria Pesada)
Lavado de Sal	Lavado
	Tratamiento de Salmuera Residual de Lavado
	Traslado Interno a Planta Refinería (Maquinaria Pesada)
Refinación de Sal Consumo Humano	Secado
	Enfriado
	Molienda Secundaria
	Envasado en Paquetes
	Empacado
	Ensacado (50Kg)
Producción de Sal Industrial	Alimentación
	Secado
	Empacado
	Ensacado (50Kg)

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 39 podemos analizar la información resultante en la figura 43 donde se observa que criterios de selección predominan para elegir las áreas donde se plantearan las opciones P+L:

Figura 43: Criterios de selección de áreas y/o procesos donde se plantearan opciones P+L



Fuente: Elaboración propia

De la figura 43 se observa que en la mayoría de áreas existen problemas por la generación de residuos y emisiones además dificultades en su manejo actual.

4.4 Definición de las causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias

Después de realizar el diagnóstico inicial y obtener el balance de materia y energía de los operaciones/procesos unitarios o actividades prioritarias, se identificaron las causas de la generación de emisiones, efluentes y residuos o los factores responsables de las ineficiencias en estos procesos. Para ello se utilizó los datos del cuadro 44:

Cuadro 44: Causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias

Causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias	
CA1	Causas relacionadas con la materia prima que afecta la actividad productiva o servicios
CA2	Causas relacionadas con la tecnología
CA3	Causas relacionadas con las prácticas operativas
CA4	Causas relacionadas con los residuos

Fuente: GP 900200-2007 Guía Para La Implementación de P+L.

Cuadro 45: Determinación de las Causas de los Flujos Contaminantes y de las Ineficiencias para las Áreas Prioritarias Seleccionada

ÁREA PRIORITARIA	PROBLEMAS (Contaminante / Ineficiencia Energética)					CAUSAS
		CA1	CA2	CA3	CA4	
Extracción de salmuera (Uso y Mantenimiento de Compresoras)	Residuos del uso y mantenimiento: aceite usado, trapos contaminados, repuestos, etc.				X	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos
Cristalización de Salmuera (Uso y Mantenimiento de Motobombas)	Residuos del uso y mantenimiento: aceite usado, trapos contaminados, repuestos, etc.				X	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos

ÁREA PRIORITARIA	PROBLEMAS (Contaminante / Ineficiencia Energética)					CAUSAS
		CA1	CA2	CA3	CA4	
Cristalización de Salmuera (Salmuera de alta Concentración evacuada)	Salmuera de alta concentración (no peligroso): solución con alto contenido de magnesio	X			X	Calidad de las Materias Primas (salmuera extraída forzosamente).
Cosecha de Sal Cristalizada (Uso y Mantenimiento de Maquinaria Pesada)	Residuos del uso y mantenimiento: aceite usado, trapos contaminados, repuestos, etc.				X	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos
Lavado de Sal (Generación de salmuera residual)	Salmuera usada para remover impurezas y sólidos suspendidos (contiene MgSO ₄ , CaSO ₄ , MgCl ₂)	X			X	Calidad de las Materias Primas (sal cristalizada con impurezas). Falta de especificaciones de control de proceso.
Tratamiento de Salmuera Residual (Generación de residuos sedimentados)	Lodo Sedimentado (contiene MgSO ₄ , CaSO ₄ , MgCl ₂).	X			X	Calidad de las Materias Primas (sal cristalizada con impurezas).
Traslado de Sal Lavada a Planta Refinería - Alimentación de sal a tolvas (Uso y Mantto de Maq. pesada)	Residuos del uso y mantenimiento: aceite usado, trapos contaminados, repuestos, etc.				X	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos.
Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	Material particulado (sal fraccionada por demasiada temperatura), Consumo de Combustible diesel.	X	X	X	X	Calidad de las Materias Primas (sal con alta humedad). Falta Especificación de Procesos y Estandarización. Falta capacitación al personal (inadecuados procedimientos en la regulación de flujos).

ÁREA PRIORITARIA	PROBLEMAS (Contaminante / Ineficiencia Energética)					CAUSAS
		CA1	CA2	CA3	CA4	
Refinación Sal Consumo Humano (Enfriado - Molienda Secundaria)	Material particulado (sal remolida)		X	X	X	Falta de buenas prácticas operativas. Falta capacitación al personal.
Refinación Sal Consumo Humano (Envasado, Ensacado y Empacado)	Alta generación de residuos sólidos de plástico (laminas de polietileno, sacos de polipropileno).			X	X	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos
Producción Sal Consumo Industrial (Envasado, Ensacado y Empacado)	Alta generación de residuos sólidos de plástico (laminas de polietileno, sacos de polipropileno).			X	X	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos

Fuente: Elaboración propia

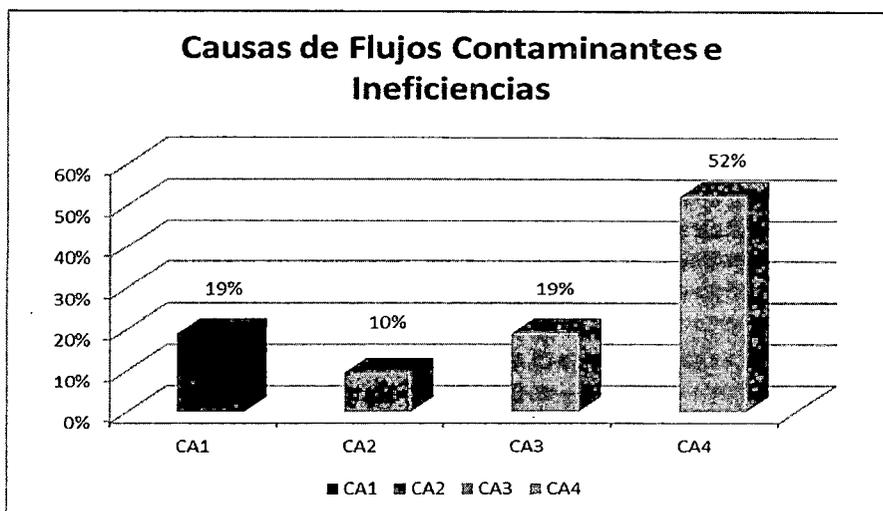


Figura 44: Causas de Flujos Contaminantes e Ineficiencias

CA1: Causas relacionadas con la materia prima que afecta la actividad productiva o servicios.

CA2: Causas relacionadas con la tecnología.

CA3: Causas relacionadas con las prácticas operativas.

CA4: Causas relacionadas con los residuos.

A continuación se plantean las opciones de producción más limpia (P+L) en las áreas prioritarias seleccionadas (Ver cuadro 46):

Cuadro 46: Desarrollo opciones P+L en las áreas prioritarias seleccionadas

ÁREA PRIORITARIA / ACTIVIDAD	PROBLEMA (Contaminante / Ineficiencia Energética)	CAUSAS	Opciones de Producción más limpia
Extracción de salmuera (Uso y Mantenimiento de Compresoras)	Residuos del uso y mantenimiento: aceite usado, trapos contaminados, repuestos, etc.	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> . Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales e instrucciones ambientales. . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión integral de residuos sólidos aprovechando en comercializar el aceite usado. . Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.
Cristalización de Salmuera (Uso y Mantenimiento de Motobombas)	Residuos del uso y mantenimiento: aceite usado, trapos contaminados, repuestos, etc.	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> . Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales e instrucciones ambientales. . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión integral de residuos sólidos aprovechando en comercializar el aceite usado. . Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.
Cristalización de Salmuera (Salmuera de alta Concentración evacuada)	Salmuera de alta concentración (no peligroso): solución con alto contenido de magnesio	Calidad de las Materias Primas (salmuera extraída forzosamente).	<ul style="list-style-type: none"> . Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales y especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera. . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de la salmuera de alta concentración como estabilizador de suelos para evitar la polución con el paso de vehículos. . Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.

ÁREA PRIORITARIA / ACTIVIDAD	PROBLEMA (Contaminante / Ineficiencia Energética)	CAUSAS	Opciones de Producción más limpia
Cosecha de Sal Cristalizada (Uso y Mantenimiento de Maquinaria Pesada)	Residuos del uso y mantenimiento: aceite usado, trapos contaminados, repuestos, etc.	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> . Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales e instrucciones ambientales. . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión integral de residuos sólidos aprovechando en comercializar el aceite usado. . Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.
Lavado de Sal (Generación de salmuera residual)	Salmuera usada para remover impurezas y sólidos suspendidos (contiene MgSO ₄ , CaSO ₄ , MgCl ₂)	Calidad de las Materias Primas (sal cristalizada con impurezas). Falta de especificaciones de control de proceso.	<ul style="list-style-type: none"> . Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales y especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera de lavado. . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de la salmuera residual previo proceso de decantación de lodos. . Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.
Tratamiento de Salmuera Residual (Generación de residuos sedimentados)	Lodo Sedimentado (contiene MgSO ₄ , CaSO ₄ , MgCl ₂).	Calidad de las Materias Primas (sal cristalizada con impurezas).	<ul style="list-style-type: none"> . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de los lodos de salmuera para la compactación de pistas en las zonas de trocha y semi-trocha.
Traslado de Sal Lavada a Planta Refinería - Alimentación de sal a tolvas (Uso y Mantenimiento de Maquinaria pesada)	Residuos del uso y mantenimiento: aceite usado, trapos contaminados, repuestos, etc.	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> . Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales e instrucciones ambientales. . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión integral de residuos sólidos aprovechando en comercializar el aceite usado. . Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.

ÁREA PRIORITARIA / ACTIVIDAD	PROBLEMA (Contaminante / Ineficiencia Energética)	CAUSAS	Opciones de Producción más limpia
Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	Material particulado (sal fraccionada por demasiada temperatura), Consumo de Combustible diesel.	Calidad de las Materias Primas (sal con alta humedad). Falta Especificación de Procesos y Estandarización. Falta capacitación al personal (inadecuados procedimientos en la regulación de flujos).	<ul style="list-style-type: none"> . Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales y especificaciones de control de proceso de temperaturas de secado. . Cambio en la Tecnología de Proceso: Uso de Gas natural. . Cambio en la Tecnología de Equipo: Repotenciación del Secador Rotatorio. . Implementación de Programa de Mantenimiento Preventivo. . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de los polvos finos de sal para la renovación de suelos contaminados. . Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.
Refinación Sal Consumo Humano (Enfriado - Molienda Secundaria)	Material particulado (sal remolida)	Falta de buenas prácticas operativas. Falta capacitación al personal.	<ul style="list-style-type: none"> . Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales y especificaciones de control de proceso. . Cambio en la Tecnología de Proceso: Instalación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido. . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de uso de los polvos finos de sal para la renovación de suelos contaminados. . Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.
Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Envasado, Ensacado y Empacado)	Alta generación de residuos sólidos de plástico (laminas de polietileno, sacos de polipropileno).	Falta de buenas prácticas operativas. Falta de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> . Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales e instrucciones ambientales. . Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión integral de residuos sólidos aprovechando en comercializar los residuos plásticos correctamente segregados. . Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.

Fuente: Elaboración propia

4.5 Pre-selección de las opciones generadas

De la sección anterior se han generado las siguientes Opciones de P+L (Ver cuadro 47):

Cuadro 47: Propuestas de opciones de Producción más Limpia para Áreas Prioritarias

Opciones de Producción más limpia		Análisis / Justificación / Comentarios
Cristalización de Salmuera (Salmuera de alta Concentración evacuada)		
1	. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera.	. Es una opción posible de implantar. . Estandariza los procesos. . Promueve la minimización de la generación de residuos al ambiente. . Busca la eficiencia en los procesos para la adecuada distribución de los recursos.
2	. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de la salmuera de alta concentración como estabilizador de suelos para evitar la polución con el paso de vehículos.	. La salmuera de alta concentración no es peligrosa, sin embargo es un desecho del proceso, actualmente se viene almacenando. Se busca su reutilización para mejoras de la infraestructura y posible comercialización.
Lavado de Sal (Generación de salmuera residual)		
3	. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera de lavado.	. Es una opción posible de implantar. . Estandariza los procesos. . Promueve la minimización de la generación de residuos al ambiente. . Busca la eficiencia en los procesos para la adecuada distribución de los recursos.
4	. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de la salmuera residual previo proceso de decantación de lodos.	. Es una opción posible de implantar. . Evita la generación de residuos al ambiente. . Disminuye el consumo de recursos naturales (salmuera). . Disminuye el costo de extracción de nueva salmuera.

Opciones de Producción más limpia		Análisis / Justificación / Comentarios
5	. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de los lodos de salmuera para la compactación de pistas en las zonas de trocha y semi-trocha.	. Los lodos de salmuera no son peligrosos, sin embargo son un desecho del proceso, actualmente se viene almacenando. Se busca su reutilización para mejoras de la infraestructura dado que las instalaciones de la planta y alrededores, son semi-trocha, por lo que continuamente necesitan mantenimiento para su compactación.
Tratamiento de Salmuera Residual (Generación de residuos sedimentados)		
6	. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso de temperaturas de secado.	. Es una opción posible de implantar. . Estandariza los procesos. . Promueve la minimización de la generación de residuos al ambiente. . Busca la eficiencia en los procesos para la adecuada distribución de los recursos.
7	. Cambio de Matriz Energética: Uso de Gas natural.	. Reducción del costo variable de combustible. . Eficiencia y menor deterioro de quemadores. . Menor grado de contaminación al medio ambiente.
8	. Cambio en la Tecnología de Equipo: Repotenciación del Secador Rotatorio.	. Reducción del consumo específico de combustible. . Incremento de capacidad. . Garantizar el proceso de secado dentro de los límites establecidos. . Mayor control del sistema de combustión.
9	. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de los polvos finos de sal para la renovación de suelos contaminados.	. Los polvos finos de sal no son peligrosos, sin embargo son un desecho del proceso, actualmente se viene almacenando. Se busca su reutilización para mejoras de la infraestructura. Se pretende dar mantenimiento a los suelos con presencia de contaminantes (aceites, grasas, combustible, etc.) removiendo la tierra contaminada y colocando polvos finos de sal para darle una mejor presencia.

Opciones de Producción más limpia	Análisis / Justificación / Comentarios
Refinación Sal Consumo Humano (Enfriado - Molienda Secundaria)	
10	<p>. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso.</p> <p>. Es una opción posible de implantar. . Estandariza los procesos. . Promueve la minimización de la generación de residuos al ambiente. . Busca la eficiencia en los procesos para la adecuada utilización de los recursos.</p>
11	<p>. Cambio en la Tecnología de Proceso: Instalación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.</p> <p>. Es una opción posible de implantar. . Evitar el remolido de la sal para disminuir la generación de material particulado al ambiente.</p>
12	<p>. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de los polvos finos de sal para la renovación de suelos contaminados.</p> <p>. Los polvos finos de sal no son peligrosos, sin embargo son un desecho del proceso, actualmente se viene almacenando. Se busca su reutilización para mejoras de la infraestructura. Se pretende dar mantenimiento a los suelos con presencia de contaminantes (aceites, grasas, combustible, etc.) removiendo la tierra contaminada y colocando polvos finos de sal para darle una mejor presencia.</p>
Todas las Áreas	
13	<p>. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instructivos operacionales e instrucciones ambientales.</p> <p>. Es una opción posible de implantar. . Estandariza los procesos. . Minimiza el peligro de derrame.</p>
14	<p>. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión integral de residuos sólidos aprovechando en comercializar los residuos reusables (aceite usado, plástico, papel, etc.)</p> <p>. Es una opción posible de implantar. . Cumplimiento con la Legislación Nacional. . El ingreso por comercialización de aceite permite una disminución en el costo total de disposición de residuos sólidos.</p>
15	<p>. Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.</p> <p>. Es una opción posible de implantar. . Capacitación en los Estándares de los procesos. . Sensibilización del personal en temas ambientales.</p>

Opciones de Producción más limpia		Análisis / Justificación / Comentarios
16	Implementación de Programa de Mantenimiento Preventivo.	.Reducción de horas de paradas de Planta

Fuente: *Elaboración propia*

Para la preselección de las 16 opciones de Producción Más Limpia, se evaluará de acuerdo al método de EVALUACIÓN DE OPCIONES - MÉTODO DE LA SUMA PONDERADA, Anexo H de la GP 900.200:2007 Guía para la implementación de Producción más Limpia.

Cuadro 48: Criterios de Clasificación para Preselección de Opciones P+L

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN	PESO
Incremento de la eficiencia del proceso	10
Reducción de la cantidad de residuos	5
Corto período de implementación con interrupción mínima de las operaciones de la organización.	8
No es perjudicial para la calidad del producto	5

Fuente: Anexo H de la GP 900.200:2007

Para la ponderación del PESO se considera la escala de 0 (mínima importancia) a 10 (máxima importancia). Luego cada opción es evaluada independientemente, según cada criterio, aplicando la misma escala de 0 (bajo) a 10 (alto).

Finalmente, el puntaje de cada opción para cada criterio se multiplica por el peso de cada criterio. El puntaje total de la opción es la suma de los productos del puntaje por el peso de cada criterio. Las opciones con los mejores puntajes se seleccionan para aplicarles un análisis técnico y/o económico y/o ambiental.

Cuadro 49: Preselección de Opciones de Producción más Limpia

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN		PESO	Opción 01	Opción 02	Opción 03	Opción 04	Opción 05	Opción 06	Opción 07	Opción 08	Opción 09	Opción 10	Opción 11	Opción 12	Opción 13	Opción 14	Opción 15	Opción 16
1	Incremento de la eficiencia del proceso	10	10	5	10	10	5	10	10	10	5	8	10	5	6	5	5	5
2	Reducción de la cantidad de residuos	5	10	5	10	10	5	10	10	10	5	5	10	5	8	8	10	8
3	Corto período de implementación con interrupción mínima de las operaciones de la organización.	8	10	5	10	8	5	10	8	8	5	10	8	5	10	5	8	5
4	No es perjudicial para la calidad del producto	5	10	10	10	10	10	10	10	10	5	10	10	5	10	10	5	5
SUMAS PONDERADAS			280	165	280	264	165	280	264	264	140	235	264	140	230	180	189	155

Fuente: Elaboración propia

Las opciones con puntaje mayor o igual a 260 fueron seleccionadas para su evaluación técnica, económica y ambiental.

A continuación se detallan las opciones seleccionadas y se señala el tipo de evaluación que le corresponde (Ver cuadro 50).

Cuadro 50: Opciones P+L Preseleccionadas

Opciones de Producción más limpia		Tipo de Evaluación		
		Técnica	Económica	Ambiental
Cristalización de Salmuera (Salmuera de alta Concentración evacuada)				
OP.1	. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera.	X		
Lavado de Sal (Generación de salmuera residual)				
OP.3	. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera de lavado.	X		
OP.4	. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de la salmuera residual previo proceso de decantación de lodos.	X	X	
Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)				
OP.6	. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso de temperaturas de secado.	X		
OP.7	. Cambio de Matriz Energética: Uso de Gas natural.	X	X	X

Opciones de Producción más limpia		Tipo de Evaluación		
		Técnica	Económica	Ambiental
OP.8	. Cambio en la Tecnología de Equipo: Repotenciación del Secador Rotatorio.	X	X	
Refinación Sal Consumo Humano (Enfriado - Molienda Secundaria)				
OP.11	. Cambio en la Tecnología de Proceso: Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V ESTUDIO TÉCNICO, ECONOMICO Y AMBIENTAL

5.1 Metodología para la Evaluación Técnica, Económica y Ambiental

5.1.1 Metodología para Evaluación Técnica

Para la evaluación técnica se aplicara lo recomendado en el documento GP 900.200, sección 6.3.2.

Cuadro 51: Criterios para Evaluación Técnica de Opciones P+L

C1	<p>Detallar los cambios técnicos necesarios para implementar cada oportunidad de Producción Más Limpia. Es decir, describir el diseño de los cambios propuestos; especificar la naturaleza, forma y cantidad de entradas y salidas de la operación, proceso unitario o actividad; definir las nuevas condiciones operativas propuestas y sus posibles efectos e interrelaciones con el resto de las operaciones/procesos unitario o actividades que componen el/los proceso/s de la organización.</p>
C2	<p>Determinar la factibilidad técnica de implementar los cambios requeridos por cada oportunidad de Producción Más Limpia. La factibilidad técnica de los cambios se determina en términos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La viabilidad de los fenómenos involucrados en las operaciones/procesos unitarios o actividades; - La disponibilidad o acceso a tecnología, materias primas e insumos, espacio físico, logística, servicios, etc.; - Las condicionantes (políticas, sociales, organizativas, laborales, culturales o financieras) que impedirían o limitarían la viabilidad técnica del cambio propuesto.
C3	<p>Proyectar el impacto de cada oportunidad sobre los consumos de materiales y energía y generación de contaminantes.</p>

Fuente: Guía Para La Implementación De Producción Más Limpia GP 900.200, Sección 6.3.2.

Cuadro 53: Valoración de Aspectos Ambientales

SIGNIFICANCIA:	B: Baja (1)	M: Media (2)	A: Alta (3)	FRECUENCIA:	C: Continuo (3)	E: Episódico (2)	A: Accidental (1)
-----------------------	-------------	--------------	-------------	--------------------	-----------------	------------------	-------------------

Cuadro 54: Metodología de Identificación de Aspectos Ambientales Significativos (Método Cuantitativo)

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)									
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL IMPACTO	MAGNITUD DEL IMPACTO	AFECTACION LEGAL	COSTO DE REMEDIACION	EFFECTOS EN LA IMAGEN		

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el: **TOTAL \geq 12**.

5.2 Evaluación de opciones de producción más limpia preseleccionadas

Cuadro 55: Evaluación Opción N° 01

Opciones de Producción más limpia	Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera.	
Proceso	Cristalización de Salmuera (Salmuera de alta Concentración evacuada)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
<p>Actualmente no se miden los parámetros de operación por lo que no se puede efectuar un control preventivo para evitar generación de salmuera de alta concentración durante el proceso. Se va proponer como cambio el establecimiento de puntos de medición para controlar las variables asociadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> . Salmuera salida de pozo de bombeo (diario): Concentración 25 - 28 °Be. . Drenado de Cristalizador en cosecha: Tiempo de drenado Máx. 72 h. . Rebombeo de Salmuera de alta Concentración: Tiempo de bombeo Máx. 24 h. Flujo de bombeo 300 - 350 m³/h. Concentración Mín. 28 °Be. <p>Así mismo se designará a un operador para realizar las mediciones diarias en los puntos anteriormente indicados.</p>	<p>Para asegurar la factibilidad técnica de la propuesta se utilizara los siguientes equipos de laboratorio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Densímetro en grados baume. -Rotámetro para medir el flujo de descarga de la bomba de salmuera de alta concentración. <p>Se cuenta con un operador para realizar las mediciones en los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Salmuera salida pozo de bombeo: Desarenador a la salida de pozo. . Drenado de Cristalizador en cosecha: Bomba de drenado. . Rebombeo de Salmuera de alta Concentración: Poza de bombeo. 	<p>Reducción de 80 % de Productos No Conformes Internos con respecto al 2010 (31 valores de medición de °Be en concentradores estuvieron por encima de 28 °Be).</p>

EVALUACIÓN ECONÓMICA
NO APLICA (SEGÚN CUADRO 50 - OPCIONES P+L PRESELECCIONADAS)
EVALUACIÓN AMBIENTAL
NO APLICA (SEGÚN CUADRO 50 - OPCIONES P+L PRESELECCIONADAS)

Cuadro 56: Evaluación Opción N° 03

Opciones de Producción más limpia	Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera de lavado.	
Proceso	Lavado de Sal (Generación de salmuera residual)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
De acuerdo a las evaluaciones experimentales se determino las siguientes especificaciones de ingreso de salmuera de lavado en las Plantas de Lavado: Relaciones de Flujo: 1.4 TM Sal / M3 Salmuera diluida 0.94 TM Sal / M3 Salmuera concentrada Planta Lavado 01: Salmuera concentrada ingreso: 15 - 19 °Be Salmuera residual: 22 - 25 °Be Planta Lavado 02, 03 y 04: Salmuera concentrada ingreso: 15 - 19 °Be Salmuera diluida ingreso: 10 - 12 °Be Salmuera residual: 22 - 25 °Be	Se cuenta con densímetro en grados baume en cada uno de las Plantas de Lavado. Se cuenta con un operador para realizar las mediciones de flujo y concentración en los siguientes puntos: . Salmuera diluida ingreso a Planta: Ingreso a tina de lavado. . Salmuera concentrada ingreso a Planta: Ingreso a tina de lavado. . Salmuera residual salida de Planta: Canaleta de alimentación a decantadores.	Antes de establecer las especificaciones de control de procesos el ratio de generación de lodos de impurezas de la sal lavada más las mermas por arrastre en el lavado era aproximadamente 29 % (11,890 TM/mes). Se espera reducir el valor a 21.9% (9000 TM/mes), siendo la diferencia sal (2,890 TM) que sale como producto de las Plantas de Lavado.
EVALUACIÓN ECONÓMICA		
NO APLICA (SEGÚN CUADRO 50 - OPCIONES P+L PRESELECCIONADAS)		
EVALUACIÓN AMBIENTAL		
NO APLICA (SEGÚN CUADRO 50 - OPCIONES P+L PRESELECCIONADAS)		

Cuadro 57: Evaluación Opción N° 04

Opciones de Producción más limpia	Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de la salmuera residual previo proceso de decantación de lodos.	
Proceso	Lavado de Sal (Generación de salmuera residual)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
<p>La purga de salmuera se transporta y descarga por medio de canaletas hacia pozas de decantación. En este proceso se purificará y recuperará la salmuera por decantación de las impurezas, para posteriormente mezclarla con salmuera fresca y ser reutilizada nuevamente en las planta de lavado de sal. En las Plantas de Lavado se encuentran 04 decantadores en funcionamiento parcial de los cuales cada uno de ellos tiene una capacidad de 310 m3. Las pozas se tienen que rehabilitar para lo cual se comprenden las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudio de Suelos, investigación geotécnica - Levantamiento y análisis estructural de decantador N° 05 y 06 de Planta de lavado - Reparación de 130 m2 de muros y pisos fracturados, acondicionamiento del terreno - Reconstrucción de 02 pozas de decantación de concreto armado de 210kg/cm2 @0.3m - Instalación de geomembrana y juntas de dilatación. 	<p>Debido a la capacidad de recuperación de salmuera para reuso en el proceso de lavado, se cuenta con el apoyo de la Gerencia para la rehabilitación y mantenimiento de los decantadores. Se cuenta actualmente con cotizaciones de dos empresas contratistas para la realización del trabajo, asumiendo un trabajo a todo costo.</p>	<p>Se espera recuperar 80,000 TM/mes de salmuera para reusar en el proceso de lavado de sal.</p>

Cuadro 58: Evaluación Opción N° 04

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
AHORRO (A)	
Para extraer 1,167,575 TM/mensual, se conoce los siguientes costos(*):	
- Costo energía eléctrica Total:	US\$ 3022.74
- Costo total de combustible:	US\$ 4159.54
Para extraer las 80000 TM/mensual, se calculará:	
- Costo energía eléctrica es:	US\$ 206.6
- Costo de combustible es:	US\$ 285.3
- Otros (transporte, mano obra):	US\$ 150
<hr/>	
TOTAL AHORRO	US\$ 641.9
* Datos de los ítem 3.3.1 y 3.3.2	
INVERSION (I)	
1. Detectar las filtraciones y su magnitud.	US\$ 5,000
2. Realizar limpieza completa de la zona.	US\$ 7,000
3. Recubrir el terreno con geomembrana.	US\$ 35,000
4. Recubrir el terreno con concreto y aditivo para pegar concreto.	US\$ 30,000
5. Reparación partes colapsadas se rellenará con piedra y hormigón, además de afirmado.	US\$ 20,000
6. Instalación de encofrado metálico.	US\$ 23,000
<hr/>	
TOTAL INVERSION	US\$ 120,000
Según la naturaleza de las actividades, se ha cotizado con contratistas, mostrando la mejor cotización.	
<u>PERIODO DE RECUPERACION (PRI)</u>	
PRI = I/A	
PRI = 120000/641.9	
PRI = 187 meses	
PRI = 15.6 años	
Es necesaria esta inversión para asegurar la capacidad de producción y minimizar el agotamiento del recurso	

EVALUACIÓN AMBIENTAL
NO APLICA (SEGÚN CUADRO 50 - OPCIONES P+L PRESELECCIONADAS)

Cuadro 59: Evaluación Opción N° 06

Opciones de Producción más limpia	Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso de temperaturas de secado.	
Proceso	Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
Se evaluará estadísticamente la data de los registros de temperatura del secador mediante gráficos de control y de distribución normal para determinar los límites de control del proceso y el índice de capacidad del proceso. Actualmente los límites de temperatura contemplados para la cámara de combustión son: T _{mín} = 400 °C y T _{máx} = 1000 °C.	Para la realización de los análisis estadísticos se recopilará información del proceso de secado para el periodo 2010, para la producción de sal de consumo humano y sal industrial, además se usará el software Minitab Release 14 Statistical Software.	Como resultado del análisis estadístico se determinaron los siguientes valores de límites de control de proceso: T _{mín} = 679.1 y T _{máx} = 751.5 y un valor de índice de capacidad de proceso C _{pk} = 3.51.
EVALUACIÓN ECONÓMICA		
NO APLICA (SEGÚN CUADRO 50 - OPCIONES P+L PRESELECCIONADAS)		
EVALUACIÓN AMBIENTAL		
NO APLICA (SEGÚN CUADRO 50 - OPCIONES P+L PRESELECCIONADAS)		

Análisis de control estadístico de procesos para determinar los límites de control para la temperatura de operación del secador de sal de la refinería.

Se ha evaluado la data de los registros de temperatura del secador de refinería para todo el periodo del 2010, siendo un total de 3209 valores.

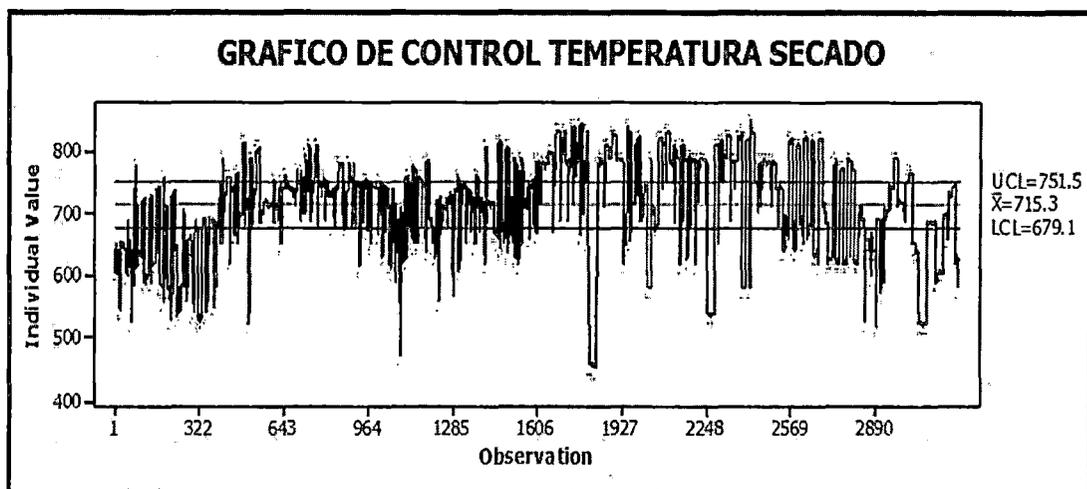


Figura 45: Gráfico de control estadístico de temperatura de secado 2010

Fuente: Elaboración propia

Se determinaron los siguientes valores de límites de control de proceso:
 T_{\min} = 679.1 y T_{\max} = 751.5 (Ver Marco Teórico Sección 1.9)

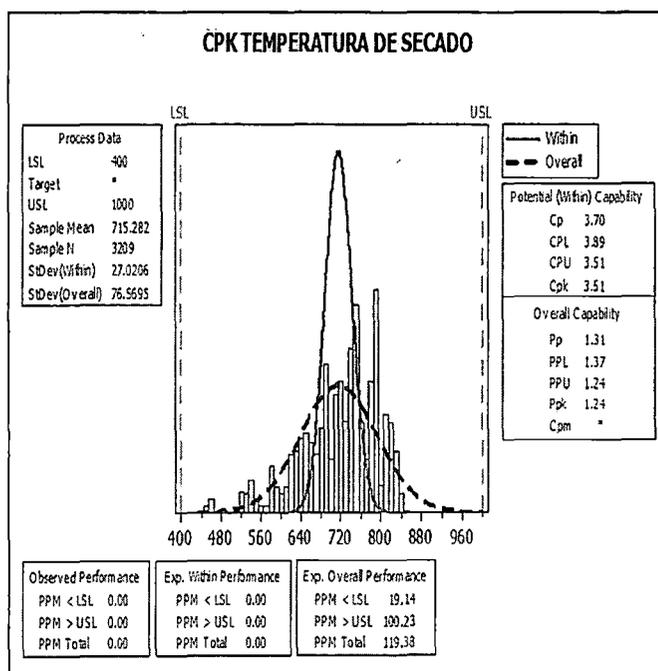


Figura 46: CPK Temperatura de Secado

Fuente: Elaboración propia

El valor obtenido del índice de capacidad de proceso es $Cpk = 3.51$, el cual según la teoría al ser mayor de 1.33 la variable del proceso estará controlada.

Cuadro 60: Evaluación Opción N° 07

Opciones de Producción más limpia	Cambio de Matriz Energética: Uso de Gas natural.	
Proceso	Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
<p>El proyecto contempla sustituir el combustible diesel B5 por un sistema de gas natural, el cual se transportará desde Lima comprimido en cisternas (GNC) para ello se tiene planeado realizar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño estructural de zona de confinamiento. - Construir de área de confinamiento para los gasómetros de gas natural comprimido. - Construcción de cimientos, pavimento, anclajes, canaletas. - Suministro e Instalación de gasómetros, filtros, quemadores, válvula de alivio, quemadores duales y línea de distribución del gas. - Reparación de cámara de combustión. - Implementación de un sistema de control automático para el proceso de secado. 	<p>El uso de diesel B5 en el proceso de secado conforma el 18% del costo variable total de la producción, implementando el uso del gas natural, se reducirían considerablemente los costos por secado, para lo cual se está evaluando la alternativa más viable de transporte, pues no se tiene previsto en el corto y mediano plazo el tendido de ductos de transporte de gas natural hacia el norte chico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del costo variable de combustible (actualmente es 18% del costo variable total de la producción). - Eficiencia y menor deterioro de quemadores.

Cuadro 61: Cálculo del Aire Requerido para la Reacción

Diesel		
Alimentación	134.5312	kg/hr
Densidad	0.9800	kg/L

Composición Diesel	%	Normalizando
Azufre	0.2200	0.2196
Hidrogeno	12.6000	12.5779
Carbón	87.3000	87.1466
Nitrógeno	0.0060	0.0060
Oxígeno	0.0400	0.0399
Ceniza	0.0100	0.0100
	100.1760	

% en exceso de aire	10	%
Humedad	0.013	kg hum./kg aire seco
Aire N	79	%
O	21	%

Con los datos anteriores procedemos a calcular la cantidad de moles de los componentes de la reacción (coeficientes de la reacción) para realizar el balance de masa.

Cuadro 62: Coeficientes de la Reacción

Combustible				Aire		
Comp.	PM	Kg	Mol		Mol	kg
C	12.0000	117.2394	9769.9525		0.0000	
H	1.0000	16.9212	16921.1549		0.0000	
N2	28.0000	0.0081	0.2878	4.1400 x	40637.40	1137.8473
O2	32.0000	0.0537	1.6787	1.1000 x	10797.38	345.5161
S	32.1000	0.2954	9.2040		0.0000	
CO2	44.0000	0.0000	0.0000		0.0000	
CO	28.0000	0.0000	0.0000		0.0000	
NO	30.0000	0.0000	0.0000		0.0000	
SO2	64.1000	0.0000	0.0000		0.0000	
H2O	18.0000	0.0000	0.0000	0.1100 x	1079.7378	19.4353
Ceniza	-	0.0134	n/a		0.0000	
						1502.7986

De acuerdo al balance de masa mostrada en las tablas y la ecuación la cantidad de aire requerida en el proceso es 1,483.36 Kg.

Balance de Energía de la Reacción

Datos**Aire Secador**

Humedad In	1.19%
Humedad Out	5.60%

Nº Corriente	01	03	04
Nombre Corrient.	Diesel 2	Aire	Aire Cal.
Temp. °C	23.00	27.00	400.00
Preion. atm	4.63	1.00	1.00
Flowrates en kg/h			
Agua	0.00	141.05	141.05
Aire	0.00	11711.55	11711.55
Diesel 2	141.52	0.00	0.00

Propiedades de los Componentes**Cuadro 63:** Cálculo de Entalpía de Formación para las corrientes F03 y F04

Comp.	H formación J/kg	PM gm/mol	A	B	C	D	E	F	
vapor agua	-13423260	18,015	3.336E+04	2.680E+04	2.609E+03	8.888E+03	1.168E+03	0.000E+00	Cp J/kmolK
aire	0	28.951	1.01E+00	-6.34E-05	3.30E-08	6.52E-10	-6.87E-13	1.98E-16	Cp J/kgK

- Cálculo de Entalpía de Formación para las corrientes F03 y F04

$$H_{form} = Hf1.F1 + Hf2.F2$$

Donde:

Hfi = Entalpía de Formación de Componente (J/Kg)

Fi = Flujo másico de Componente (Kg/h)

$i1$ = Agua

$i2$ = Aire

Usando los datos de las tablas se obtiene los siguientes valores:

Nº Corriente	03	04
Nombre Corrient.	Aire	Aire Cal.
Hform (KJ/hr)	-1.89E+06	-1.89E+06

- **Cálculo de Entalpía del aire para las corrientes F03 y F04**

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT$$

Considerando el modelo siguiente para Cp:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

Usando los datos de las tablas se obtiene los siguientes valores:

Cuadro 64: Cálculo de Entalpía del aire para las corrientes F03 y F04

Nº Corriente	03	04
Nombre Corrient.	Aire	Aire Cal.
Int H aire (KJ/hr)	2.35E+04	4.51E+06

- **Cálculo de Entalpía de Vapor de Agua para las corrientes F03 y F04**

- Cálculo de Entalpía de Vapor de Agua para las corrientes F03 y F04

Cuadro 65: Cálculo de Entalpía de Vapor de Agua para las corrientes F03 y F04

Solución Integración Cp para Vapor Agua, Metodo Simpson 1/3

Tamaño Paso $Y = A + B \left[\frac{(C/T)}{\sinh(C/T)} \right]^2 + D \left[\frac{(E/T)}{\cosh(E/T)} \right]^2$

3	n	T	F(x)	Impareres
	0	25	3.36E+04	
	1	25.04	3.36E+04	3.36E+04
	2	25.08	3.36E+04	
	3	25.12	3.36E+04	3.36E+04
	4	25.16	3.36E+04	
	5	25.2	3.36E+04	3.36E+04
	6	25.24	3.36E+04	
	7	25.28	3.36E+04	3.36E+04
	8	25.32	3.36E+04	
	9	25.36	3.36E+04	3.36E+04
	10	25.4	3.36E+04	
	11	25.44	3.36E+04	3.36E+04
	12	25.48	3.36E+04	
	13	25.52	3.36E+04	3.36E+04
	14	25.56	3.36E+04	
	15	25.6	3.36E+04	3.36E+04
	16	25.64	3.36E+04	
	17	25.68	3.36E+04	3.36E+04
	18	25.72	3.36E+04	
	19	25.76	3.36E+04	3.36E+04
	20	25.8	3.36E+04	
	21	25.84	3.36E+04	3.36E+04
	22	25.88	3.36E+04	
	23	25.92	3.36E+04	3.36E+04
	24	25.96	3.36E+04	
	25	26	3.36E+04	3.36E+04
	26	26.04	3.36E+04	
	27	26.08	3.36E+04	3.36E+04
	28	26.12	3.36E+04	
	29	26.16	3.36E+04	3.36E+04
	30	26.2	3.36E+04	
	31	26.24	3.36E+04	3.36E+04
	32	26.28	3.36E+04	
	33	26.32	3.36E+04	3.36E+04
	34	26.36	3.36E+04	
	35	26.4	3.36E+04	3.36E+04
	36	26.44	3.36E+04	
	37	26.48	3.36E+04	3.36E+04
	38	26.52	3.36E+04	
	39	26.56	3.36E+04	3.36E+04
	40	26.6	3.36E+04	
	41	26.64	3.36E+04	3.36E+04
	42	26.68	3.36E+04	
	43	26.72	3.36E+04	3.36E+04
	44	26.76	3.36E+04	
	45	26.8	3.36E+04	3.36E+04
	46	26.84	3.36E+04	
	47	26.88	3.36E+04	3.36E+04
	48	26.92	3.36E+04	
	49	26.96	3.36E+04	3.36E+04
	50	27	3.36E+04	
			Sumatoria	839495.721

	4.57E+04
	2.54E+00
	3.58E+02

Tamaño Paso

$Y = A + B \left[\frac{(C/T)}{\sinh(C/T)} \right]^2 + D \left[\frac{(E/T)}{\cosh(E/T)} \right]^2$

T	F(x)	Pares	Impareres
25	3.36E+04		
32.5	3.36E+04		3.36E+04
40	3.36E+04	3.36E+04	
47.5	3.37E+04		3.37E+04
55	3.37E+04	3.37E+04	
62.5	3.38E+04		3.38E+04
70	3.38E+04	3.38E+04	
77.5	3.39E+04		3.39E+04
85	3.39E+04	3.39E+04	
92.5	3.40E+04		3.40E+04
100	3.40E+04	3.40E+04	
107.5	3.41E+04		3.41E+04
115	3.41E+04	3.41E+04	
122.5	3.42E+04		3.42E+04
130	3.43E+04	3.43E+04	
137.5	3.43E+04		3.70E+04
145	3.44E+04	3.44E+04	
152.5	3.45E+04		3.45E+04
160	3.45E+04	3.45E+04	
167.5	3.46E+04		3.46E+04
175	3.47E+04	3.47E+04	
182.5	3.48E+04		3.48E+04
190	3.48E+04	3.48E+04	
197.5	3.49E+04		3.49E+04
205	3.50E+04	3.50E+04	
212.5	3.51E+04		3.51E+04
220	3.52E+04	3.52E+04	
227.5	3.52E+04		3.52E+04
235	3.53E+04	3.53E+04	
242.5	3.54E+04		3.54E+04
250	3.55E+04	3.55E+04	
257.5	3.56E+04		3.56E+04
265	3.56E+04	3.56E+04	
272.5	3.57E+04		3.57E+04
280	3.58E+04	3.58E+04	
287.5	3.59E+04		3.59E+04
295	3.60E+04	3.60E+04	
302.5	3.61E+04		3.61E+04
310	3.61E+04	3.61E+04	
317.5	3.62E+04		3.62E+04
325	3.63E+04	3.63E+04	
332.5	3.64E+04		3.64E+04
340	3.65E+04	3.65E+04	
347.5	3.66E+04		3.66E+04
355	3.67E+04	3.67E+04	
362.5	3.67E+04		3.67E+04
370	3.68E+04	3.68E+04	
377.5	3.69E+04		3.69E+04
385	3.70E+04	3.70E+04	
392.5	3.71E+04		3.71E+04
400	3.72E+04		
	Sumatoria	843857.7126	881892.0427

Calor latente	13215109.44	J/kmol
Calor latente	7.34E+02	kJ/kg
Calor latente	1.03E+05	kJ/h

- Los valores de entalpía de Vapor de Agua son las siguientes:

Cuadro 66: Valores de entalpía de Vapor de Agua

N° Corriente	03	04
Nombre Corrient.	Aire	Aire Cal.
Int H vapor H2O (KJ/h)	3.58E+02	1.03E+05

Resultados:

Cuadro 67: Resultados

N° Corriente	01	03	04
Nombre Corriente	Diesel 2	Aire	Aire Cal.
Temperatura (°C)	23.00	27.00	400.00
Presión. Atm	4.63	1.00	1.00
H form (KJ/hr)	0	-1.89E+06	-1.89E+06
Int H aire (KJ/hr)	0	2.35E+04	4.51E+06
Int H vapor H2O (KJ/hr)	0	3.58E+02	1.03E+05
Entalpia kJ/hr	---	-1.87E+06	2.722E+06

El calor requerido para la reacción es:

Calor Req.	4.591E+06 kJ/h
-------------------	-----------------------

Cuadro 68: Horas de Operación del Secador

HORAS OPERACIÓN DEL SECADOR	<i>hr/día</i>	23
	<i>días/mes</i>	25
	<i>mes/año</i>	12

El consumo calorífico anual para el proceso de secado de la sal es:

Cuadro 69: Consumo calorífico anual para el proceso de secado de la sal

Consumo Calorífico Anual	30,024.85 MMBTU/Año
-------------------------------------	----------------------------

Fuente: Elaboración propia

Consumo Total diseño

Para el diseño de la red de GN se considera los sig. Consumos:

Cuadro 70: Consumo de Equipos

CONSUMO DE EQUIPOS	
EQUIPO	CAUDAL GN (SM3/H)
Quemador	300.00

La red interna será diseñada para un consumo total de 300 Sm³/h GN.

Redes de gas natural

Los equipos, tuberías y accesorios cumplen con las especificaciones vigentes requeridos para el transporte de gas natural. Los materiales de la red interna se especifican de acuerdo a los diferentes tramos:

- Línea de alta presión de mesa de carga hasta Unidad de Reducción y Control de Caudal (RCU)
- Línea de baja presión de Unidad de Reducción y Control de Caudal (RCU) a calentadores.
- Línea de baja presión de Unidad de Reducción y Control de Caudal (RCU) a Estación de Filtración y Medición (EFM).
- Línea de baja presión de Estación de Filtración y Medición (EFM) a quemadores
- Sistema de filtrado a la entrada de la Unidad de Reducción y Control de Caudal (RCU)
- Línea neumática.

Línea de alta presión de mesa de carga hasta RCU

Toda esta red de alta presión es de tuberías SCH 160 de 1" y accesorios clase 6000, a continuación se detallan los materiales a usar:

Cuadro 71: Línea de alta presión de mesa de carga hasta RCU

Accesorio	Diámetro (Pul)	Cantidad
Tubería acero SCH160x 6m	1	2
Codo Socked weld 6000 LBS	1	12
TEE Socked weld 6000 LBS	1	1
Union simple Socked weld 6000 LBS	1	6
Union univesal Socked weld 6000 LBS	1	3
Válvula S6000 paso total accionamiento manual	1	3
Válvula S6000 con actuador	1	3
Válvula s6000 accionamiento manual.	1/2"	5
Indicador de presión		4
Indicador de temperatura		2
Válvula check piston s-10000	1	3
Soportado Angulo 2" x3/16	1	10
Bridas Slip On s-900	1	4
U bolts de1"	1	20
Esparragos	5/8"x4.5"	40
Radiografiado		20
Zincromato Epoxico+ endurece	GLN	1

Línea de baja presión de RCU a calentadores

Esta línea considera tubería de 3/4" y va desde la RCU hasta los calentadores, y consta de los siguientes materiales.

Cuadro 72: Línea de baja presión de RCU a calentadores

Accesorios	Diámetro	Cantidad
Tubería acero SCH40x 6m	1/2"	5
Codo roscado 150 lbs	1/2"	20
Tee roscada 150 lbs	1/2"	2
Válvula de bola roscada Apollo	1/2"	3
Soporte riel	1/2"	10
Niple roscado	1/2"	6
Regulador 1203	3/4"	2
Reducción bushing	3/4x1/2	4
Zincromato Epoxico+ endurece	GLN	1

Línea de baja presión de RCU a EFM

Esta red será de acero sch80 de 2", y consta de los siguientes materiales:

Cuadro 73: Línea de baja presión de RCU a EFM

Accesorios	Diámetro (Pul)	Cantidad
Tubería acero SCH80x 6m	2	7
Codo socked weld 3000 lbs	2	8
Válvula de bola bridada Ansi 150 accionamiento manual	2	1
Válvula de bola bridada Ansi 150 servocomandada	2	1
Soportado Angulo 2" x3/16		3
Bridas Slip On s-150	2	8
U bolts de2"	2	12
Espárragos	5/8"x4"	60
Radiografiado		12
Zincromato Epoxico+ endurece	GLN	3
Arenado		1

Línea de baja presión de EFM a quemadores

Esta línea se considera al interior de una canaleta, y consta de los siguientes materiales.

Cuadro 74: Línea baja presión de EFM a quemadores

Accesorios	Diámetro (Pul)	Cantidad
Tubería acero SCH40x 6m	2	25
Codo socked weld 3000 lbs	2	17
Tee socked weld 3000 lbs	2	1
Válvula roscada Apollo	2	3
Angulo soporte. 2"		15
Bridas acero	2	6
U bolts de2"	2	60
Espárragos	5/8"x6"	40
Empaques espirometálicos	2	3
Radiografiado		15
Zincromato Epoxico+ endurecedor	GLN	8
Arenado		30

Sistema de filtrado a la entrada de la RCU

Se encuentra en un tramo intermedio de la red de alta presión, y consta de los siguientes materiales.

Cuadro 75: Sistema de filtrado a la entrada de la RCU

Accesorios	Diámetro (Pul)	Cantidad
Tubería acero SCH160x 6m	1	1
Válvula S6000 paso total accionamiento manual	1	3
Válvula s6000 accionamiento manual.	1/2"	4
Unión universal Socked weld 6000 LBS	1	3
Filtro coalescente	1	1
Indicador de presión		4
TEE Socked weld 6000 LBS	1	2

Línea neumática.

Consta de los siguientes materiales

Cuadro 76: Línea neumática

Accesorios	Diámetro (mm)	Cantidad
Manguera de poliuretano azul presión 10 bar	10	80
Pza conector para manguera de 10mm	10	20
Pza Unión codo para manguera de 10mm	10	33
Soportado de mangueras		320

Fuente: Cotización Técnico – Económica APROGAS S.A.C

Cuadro 77: Evaluación Económica

EVALUACIÓN ECONÓMICA		
AHORRO (A)		
Precio B2	US\$/MMBTU	22.80
Precio ofertado GN	US\$/MMBTU	9.57

Ahorro por costo GN	US\$ / MMBTU	13.23
Consumo Calorífico Anual	MMBTU / año	30,000

Ahorro Total Anual = (Ahorro Costo GN)*(Consumo Calorífico)		
Ahorro Total Anual =	US\$/año	396,586
INVERSION (I)		
1. Infraestructura	US\$	46,520
2. Instalaciones Eléctricas	US\$	26,340
3. Instalaciones Mecánicas	US\$	18,580
4. Elementos de Seguridad	US\$	17,900
5. Quemador y Cámara Combust.	US\$	108,720
6. Horas Hombre	US\$	6,470
7. Imprevistos	US\$	25,470

TOTAL INVERSIÓN	US\$	250,000

Cuadro 78: Proyecto de Implementación de Uso de Gas Natural – Refinería Huacho

PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE USO GAS NATURAL - REFINERIA HUACHO							
ID	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	P. UNIT. (S/.)	P. PARC. (S/.)	TOTAL (S/.)	TOTAL (US\$)
01.00	Infraestructuras						
	Replanteo y demarcación	m2	200	1.60	319.00		
	Refine del Terreno	m2	200	10.00	2,000.00		
	Muro cortafuego 4TRF:	est.	57	750.00	42,795.00		
	Patio de almacenamiento:	m2	49	312.60	15,161.10		
	Cimentación de RCU:	m2	12	312.50	3,871.88		
	Recinto para Cuartos de Control:	m2	10	875.00	9,100.00		
	Vereda y pasadizos:	est.	78	187.50	14,551.88		
	Suministro e instalaciones sanitarias:	GBL	1	3,750.00	3,750.00		
	Topellantas:	ml.	11	562.50	6,187.50		
	Canaletas de concreto simple y rejilla metálica	ml.	11	625.00	6,581.25		
	Canaletas de concreto simple y rejilla metálica	m2	15	562.50	8,437.50		
	Recinto para ERM (Primaria)	est.	40	437.50	17,500.00		
						130,255	46,520
02.00	Instalaciones Eléctricas						
	Acometida Eléctrica	ml.	0	6,250.00	0.00		
	Tablero de Distribución:	GBL	1	10,000.00	10,000.00		
	UPS industrial 6kv - 1 hr autonomía	und.	1	17,875.00	17,875.00		
	Reflectores Antiexplosivos 400W	und.	3	2,876.00	8,628.00		
	Reflectores Antiexplosivo 120W	und.	4	1,187.50	4,750.00		
	Pozos a Tierra	und.	5	2,500.00	12,500.00		
	Inst. Mesas a RCU	ml.	20	562.50	11,250.00		
	Inst. RCU a Cuarto de Tableros	m2	20	437.50	8,750.00		
						73,753	26,340
03.00	Instalaciones Mecánicas						
	Puerta de ingreso	ml.	13	750.00	9,997.50		
	Instalaciones de baja presión	m	12	375.00	4,500.00		
	Accesorios - válvulas	gbl	1	6,250.00	6,250.00		
	Inst. Industrial Intema - ERM a quemador	ml.	65	250.00	16,250.00		
	Inst. Red de Tuberías de Agua RCU Calentad.	ml.	60	250.42	15,025.20		
						52,023	18,580
04.00	Elementos de Seguridad						
	Paradas de emergencia - ERM	und.	2	425.00	850.00		
	Paradas de emerg. - Recinto de semi reqolques	und.	2	425.00	850.00		
	Sensores de Gas	und.	2	850.00	1,700.00		
	Gabinetes contraincendio	und.	2	1,875.00	3,750.00		
	Señalización de Seguridad	GBL	1	1,875.00	1,875.00		
	Extintores de Polvo Químico Seco (PQS)	und.	6	437.50	2,625.00		
	Extintores de CO2	und.	1	437.50	437.50		
	Tanque de Agua 125 Litros con Accesorios	und.	1	1,875.00	1,875.00		
	Puertas Metálicas de Cuartos de Tableros	Par	1	4,382.50	4,382.50		
	Puertas Metálicas de ERM	Par	1	4,375.00	4,375.00		
	Compresor de Aire de 120	und.	1	3,125.00	3,125.00		
	Extintor rodante de Polvo Químico Seco (PQS)	und.	1	1,875.00	1,875.00		
	Sistema de seguridad - Hidratante	und.	1	22,400.00	22,400.00		
						50,120	17,900
05.00	Quemador & Cámara de Combustión						
	Quemador Dual 2491 kW con Sist Digital Comb.	-	1	220,420.00	220,420.00		
	Cámara Combustión	-	1	56,000.00	56,000.00		
	Cambio Termocuplas&SCADA Sist. Sec.&Enfriad	-	1	27,997.20	27,997.20		
						304,417	108,720
06.00	Horas Hombre						
	Horas Hombre	est.	1800	10.06	18,116.01		
						18,116	6,470
07.00	Imprevistos						
	Imprevistos	est.	10%	71,316.00	71,316.00		
						71,316	25,470
Total S/.						700,000	250,000
Tipo de cambio		2.80					
Obs. : Los costos no Incluyen IGV							
Las modificaciones de la línea de transporte, montaje mecánico y obras civiles serán desarrollados por servicios terceros.							

Cuadro 79: Proyecciones Económicas Caso Base
PROYECCIONES ECONÓMICAS

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Resultados	Unid.											
Ahorro por costo GN	US\$/ MMBTU		13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23	13.23
Consumo Calorífico Anual	MMBTU/año		30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00
Ahorro Total	US\$		396,856	396,856	396,856	396,856	396,856	396,856	396,856	396,856	396,856	396,856
Menos (-): Depreciación	US\$		25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000
Ingreso Neto	US\$		371,856	371,856	371,856	371,856	371,856	371,856	371,856	371,856	371,856	371,856
Menos (-): Imp Renta 30 %	US\$		111,557	111,557	111,557	111,557	111,557	111,557	111,557	111,557	111,557	111,557
Flujo de fondos												
Utilidad neta	US\$		260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299
Más (+): Depreciación	US\$		25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000
Valor de rescate	US\$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuente de fondos	US\$		285,299	285,299	285,299	285,299	285,299	285,299	285,299	285,299	285,299	285,299
Inversión fija	US\$	250,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso de fondos	US\$	250,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos Operativos												
Costos Operativos (10% Inversión Fija)	US\$		25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000
Fondos disponibles	US\$	-250,000	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299	260,299
Factores de descuento	US\$	1.14000	1.29960	1.48154	1.68896	1.92541	2.19497	2.50227	2.85259	3.25195	3.70722	4.22623
Flujo de fondos descontado	US\$	-219,298	200,292	175,695	154,118	135,191	118,589	104,025	91,250	80,044	70,214	61,591
Flujo descontado acumulado	US\$	-219,298	-19,006	156,688	310,806	445,998	564,586	668,612	759,862	839,906	910,120	971,712
Indicadores económicos												
Tasa interna de retorno	%		104.0%									
Valor presente al 14%	mil US\$		971.7 mil. US\$									
Recuperac. De inversión (En V.P.)	años		1.1 años									
Beneficio/Costo			3.89									

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Cuadro 80: Identificación de Aspectos Ambientales Significativos (Método Cualitativo)

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUALITATIVO)							
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA				
			DURACION DEL IMPACTO	MAGNITUD DEL IMPACTO	AFECTACION LEGAL	COSTO DE REMEDIACION	EFECTOS EN LA IMAGEN
Consumo de Biodiesel B2	Agotamiento de Recurso	C	A	A	B	B	B
Generación de Gases de Combustión	Contaminación del aire	C	A	A	M	B	A
Generación de Polvos Finos de Sal	Contaminación del aire	C	M	M	M	B	M

SIGNIFICANCIA: B: Baja (1) M: Media (2) A: Alta (3) **FRECUENCIA:** C: Continuo (3) E: Episódico (2) A: Accidental (1)

Cuadro 81: Identificación de Aspectos Ambientales Significativos (Método Cuantitativo)

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)									
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	ALECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN		
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN		
Consumo de Biodiesel B2	Agotamiento de Recurso	3	3	3	1	1	1	12	SI
Generación de Gases de Combustión	Contaminación del aire	3	3	3	2	1	3	15	SI
Generación de Polvos Finos de Sal	Contaminación del aire	3	2	2	2	1	2	12	SI

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el TOTAL \geq 12.

**Cuadro 82: Opción N°8. Cambio en la Tecnología de Equipo:
Repotenciación del Secador Rotatorio**

Opciones de Producción más limpia	Cambio en la Tecnología de Equipo: Repotenciación del Secador Rotatorio.	
Proceso	Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
<p>La propuesta contempla lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reemplazo de todo el sistema interno actual de levantamiento de carga del secador. - Instalar martillos y cadenas en lugares estratégicos del secador - Reparación de la cámara de combustión - Instalación de tapas en la alimentación y en la descarga de sal. - Instalación de sellos que reduzcan las infiltraciones en las uniones del secador con la cámara de combustión y con la caja de humos. - Instalación de un nuevo exhaustor y un nuevo ciclón para el enfriador rotatorio e independizar la línea de gases. - Instalación de un sistema de seguridad de llama con fotocelda y programador. 	<p>La planta refinera de sal consumo humano y sal industrial para la refinación recorre el proceso de secado, el producto en el interior del secador rotatorio no forma la respectiva cortina necesaria, presenta infiltraciones de aire, mala combustión, compactación de sal en el chute de descarga y en todo el secador, asimismo estos problemas por antigüedad y deterioro del secador rotativo afectan de manera directa en el costo del producto. Se cuenta con cotizaciones y el análisis económico respectivo. El proyecto está contemplado para 5 meses de ejecución</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del consumo específico de combustible en 10%. - Incremento de capacidad en 20%. - Garantizar el proceso de secado dentro de los límites establecidos - Mayor control del sistema de combustión

Cuadro 83: Evaluación Económica OP 08

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
AHORRO (A)	
1. Reducción del consumo específico de combustible en 10% (se expresará en términos de consumo calorífico):	
Consumo Calorífico Anual	MMBTU / año 23,260
Reducción del 10%	MMBTU / año 2,326
Precio ofertado GN	US\$/MMBTU 9.57

AHORRO	US\$ / año 22,260
	US\$ / mes 1,855
2. Incremento de capacidad en 20%.	
Carga actual de ingreso al Secador	TM/mes 6,000
Incremento 20%	TM/mes 1,200

CARGA TOTAL (CON MEJORA)	TM/mes 7,200
RELACION PT/CARGA	0.60

PT (CON MEJORA)	TM/mes 4,320
PT actual	TM/mes 3,621
Incremento PT	TM/mes 699
Precio de PT	US\$/TM 139

AUMENTO DE GANANCIA	US\$/mes 97,161
INVERSION (I)	
1. Ingeniería	US\$ 800
2. Repar. Secador rotatorio	US\$ 20,000
3. Repar. cámara de combust.	US\$ 10,000
4. Sistem. Extracc. Gases	US\$ 50,000

5. Horas Hombre	US\$	690
6. Imprevistos	US\$	3,510

TOTAL INVERSIÓN	US\$	85,000
<u>PERIODO DE RECUPERACION (PRI)</u>		
PRI = I/A		
PRI = 85,000 US\$ / (1855 US\$ / mes + 97,161 US\$ / mes)		
PRI = 0.86 = 1 mes		

EVALUACIÓN AMBIENTAL
NO APLICA (SEGÚN CUADRO 50 - OPCIONES P+L PRESELECCIONADAS)

Cuadro 84: Opción N° 11. Cambio en la Tecnología de Proceso: Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.

Opciones de Producción más limpia	Cambio en la Tecnología de Proceso: Instalación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.	
Proceso	Refinación Sal Consumo Humano (Enfriado - Molienda Secundaria)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
<p>Se instalará un tamiz para las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flujo de sal 15.50 ton/h - Finos pasantes 32.00% - Eficiencia 90%. - Características del Tamiz: Malla de apertura cuadrada, Área de Tamizado 1.22 m², Inclinación de cribas 20 °, Anchura 600 mm y Longitud 1500 mm. <p>Además se realizarán las siguientes modificaciones en el sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Levantamiento de la estructura del elevador de cangilón en 90 cm para la instalación de la zaranda. - Ampliación de la estructura del transportador helicoidal n°5 en 50 cm tanto a los molinos como al chute de salida de finos. 	<p>La factibilidad de realización del proyecto depende del cumplimiento de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pruebas de Capacidad del Tamiz Malla 10 (2mm.), simulación de Flujos (estimados al de la Planta de Refinería.) - Balance de Materiales y distribución de flujos de Planta de Refinería. - Determinación de eficiencias con respecto a la recuperación de finos. - Diseño técnico, grafico (ubicación del Tamiz.) - Una vez realizadas la pruebas necesarias, se procede a la instalación del equipo (Tamiz) ubicado entre la Salida del elevador 2 y la entrada a los molinos, 	<p>Disminuir en 22 % las mermas de sal en la etapa de refinación de sal consumo humano e industrial (Aproximadamente 150 TM/mes).</p>

Cuadro 85: Resumen de Pruebas Realizadas

RESUMEN DE PRUEBAS REALIZADAS

TABULACION GRANULOMETRICA

MALL A	Abertura de la Malla	ALIMENTACION			FINOS			GRUESO		
		%Retenido x Malla	%Acum.	%Pasante	%Retenido x Malla	%Acum	%Pasan te	%Reteni do x Malla	%Acu m.	%Pasan te
3/8"	9,53 mm.	2,2 %	2,2 %	97,8 %				1,4 %	1,4 %	98,6 %
1/4"	6,35 mm.	10,3 %	12,5 %	87,6 %				15,9 %	17,3 %	82,8 %
4	4,60 mm.	14,8 %	27,2 %	72,8 %				17,3 %	34,5 %	65,5 %

6	3,35 mm.	17,9 %	45,1 %	54,9 %				28,7 %	63,2 %	36,8 %
8	2,30 mm.	15,4 %	60,5 %	39,6 %				22,0 %	85,3 %	14,8 %
10	2,00 mm.	7,5 %	68,0 %	32,0 %	0,1 %	0,1 %	99,9 %	7,7 %	92,9 %	7,1 %
16	1,18 mm.	11,9 %	79,9 %	20,1 %	21,6 %	21,7 %	78,3 %	6,8 %	99,7 %	0,3 %
30	0,60 mm.	9,1 %	88,9 %	11,1 %	31,6 %	53,3 %	46,7 %	0,1 %	99,8 %	0,2 %
80	0,20 mm.	11,0 %	99,9 %	0,1 %	38,7 %	92,0 %	8,0 %	0,2 %	100,0 %	0,0 %
100	0,15 mm.	0,1 %	100,0 %	0,0 %	5,3 %	97,3 %	2,7 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %
-100	0,00 mm.	0,0 %			2,7 %			0,0 %		

Resumen de Pruebas Realizadas

Fecha	Muestra W (Kg.)	Area de Tamizado (m ²)	Tiempo de Tamizado (Seg.)	Flujo Másico (ton / hr.)	Grueso (Kg.)	Finos (Kg.)	Gruesos %	Finos %
16 al 20/11.	50,65	1,00	12,68	14,46	40,28	10,37	79,56	20,44
23 al 27/11.	50,82	1,00	12,46	14,75	41,65	9,18	81,93	18,07
Prom.	50,7	1,0	12,57	14,61	40,96	9,77	80,74	19,26

Con un flujo de 14,61 ton/hr, Se recupera un 19,26% de finos.

Eficiencia con respecto a la recuperación de Finos 60,15%

Fecha	Muestra W (Kg.)	Area de Tamizado (m ²)	Tiempo de Tamizado (Seg.)	Flujo Másico (ton / hr.)	Grueso (Kg.)	Finos (Kg.)	Gruesos %	Finos %
16/11/2009	50,95	1,0	13,15	13,99	42,00	8,96	82,39	17,61
17/11/2009	50,05	1,0	12,40	14,60	40,25	9,80	80,39	19,61
18/11/2009	50,05	1,0	11,95	15,15	39,15	10,90	78,22	21,78
19/11/2009	49,80	1,0	12,40	14,53	40,85	8,95	82,05	17,95
20/11/2009	52,40	1,0	13,50	14,02	39,15	13,26	74,72	25,28
Prom.	50,65	1,00	12,68	14,46	40,28	10,37	79,56	20,44

Con un flujo de 14,46 ton/hr, Se recupera un 20,44% de finos.

Eficiencia con respecto a la recuperación de Finos 63,85%

Fecha	Muestra W (Kg.)	Area de Tamizado (m ²)	Tiempo de Tamizado (Seg.)	Flujo Másico (ton / hr.)	Grueso (Kg.)	Finos (Kg.)	Gruesos %	Finos %
23/11/2009	51,50	1,0	12,00	15,49	42,00	9,50	81,53	18,47
24/11/2009	50,99	1,0	12,00	15,34	42,60	8,40	83,53	16,47
25/11/2009	50,49	1,0	12,50	14,60	41,50	9,00	82,19	17,81
26/11/2009	50,00	1,0	13,00	13,91	39,85	10,15	79,70	20,30
27/11/2009	51,14	1,0	12,83	14,42	42,30	8,85	82,68	17,32

Prom.	50,82	1,00	12,46	14,75	41,65	9,18	81,93	18,07
-------	-------	------	-------	-------	-------	------	-------	-------

Con un flujo de 14,75 ton/hr, Se recupera un 18,07% de finos.

Eficiencia con respecto a la recuperación de Finos 56,45%

DETERMINACIÓN IDEAL DE LA SUPERFICIE DEL TAMIZ, DE ACUERDO A LA CAPACIDAD

A continuación se detallan cada uno de los parámetros que afectan la capacidad del cribado por consiguiente a la superficie necesaria. Los factores de corrección expuestos permitirán corregir la capacidad básica establecida en condiciones específicas. Los valores de la capacidad básica han sido calculados separadamente para productos naturales o de forma redondeada, y para productos triturados o de forma cúbica, por lo que se define el producto como material Triturado.

CAPACIDAD BÁSICA B (t/m2.h)			
Luz de Malla mm	Material		
	Carbón	Triturado	Natural
0.50	2.0	2.7	3.5
0.80	2.6	3.4	4.4
1.00	2.8	3.7	4.9
1.25	3.1	4.1	5.5
2.00	4.0	5.3	7.1
4.00	6.0	8.0	10.5
5.60	7.5	10.0	13.0
6.30	8.1	10.8	14.0
8.00	9.4	12.5	16.0
10.00	10.8	14.4	18.6
12.50	12.5	16.6	21.5
16.00	14.3	19.0	25.1
20.00	16.5	22.0	29.0
25.00	19.5	26.0	33.4
31.50	22.5	30.0	37.9
40.00	26.0	34.7	42.5
50.00	29.3	39.0	47.4
63.00	33.0	44.0	52.0
80.00	36.8	49.0	57.0
100.00	42.0	56.0	63.0
120.00	47.3	63.0	68.0

Cálculo de la Superficie de Cribado

$$\text{Superficie de Tamizado (S)} = \frac{\text{Tonelaje a Cribar (T)}}{\text{Capacidad Básica (B) * Factores de Corrección (ft)}}$$

S = superficie necesaria de cribado, expresada en m²

T = masa de sólidos -de alimentación o que debe pasar por la malla, expresada en t/h

B = capacidad específica o básica -bien de alimentación o pasante, expresada en t/m².h

ft = factor total de corrección de la capacidad básica, sin unidades.

MÉTODO HÍBRIDO PASANTE - BOUSO

1. Cálculo de la Densidad Aparente.

Los valores "empíricos" de la capacidad básica están basados en un producto de densidad específica 1,6 t/m³, por lo que cualquier otro producto de distinta densidad tendrá una capacidad proporcional a la misma, es decir, el valor de la capacidad básica deberá ser corregido con un factor.

Densidad Aparente Finos. (TM/m³) **1.54**
 $f_d = 0.97$

$$f_a = \frac{P_a}{1,6}$$

2. Partículas Superiores al tamaño de clasificación, Rechazo R

FACTOR DE RECHAZO										
<i>R</i>	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
<i>Factor fr</i>	1.1	1.08	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92
<i>R</i>	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
<i>Factor fr</i>	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72

Para % Rechazo = 68.0% $f_r = 0.83$

3. Cálculo de Partículas Inferiores a la mitad del tamaño de clasificación, semitamaño.

FACTOR DE SEMITAMAÑO										
<i>Semitama.</i>	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
<i>Factor fs</i>	0.50	0.55	0.60	0.65	0.72	0.77	0.85	0.92	1.00	1.10
<i>Semitama.</i>	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
<i>Factor fs</i>	1.20	1.30	1.45	1.60	1.75	1.95	2.20	2.55	3.00	3.65

$f_s = 0.85$

4. Cálculo de la Eficiencia de Clasificación.

FACTOR DE EFICIENCIA										
<i>E</i>	98	96	94	92	90	85	80	75	70	65
<i>Factor fe</i>	0.60	0.85	1.00	1.05	1.12	1.26	1.41	1.47	1.50	0.92

Para un eficiencia IDEAL de 90% $f_e = 1.12$

5. Cribado en Seco.

Los valores de la capacidad básica han sido obtenidos en base a un cribado en seco, o con una humedad inferior al 3 %, por lo tanto.

$f_h = 1.00$

6. Tipo de apertura de la Malla.

Si la malla es de apertura cuadrada $f_m = 1.00$

7. Posición de la Malla en la Criba

Si está en el primer piso. $f_p = 1.00$

8. Ángulo de Inclinación

Cribas inclinadas (20°) $f_i = 1.00$

9. Área libre de paso

FACTOR DE ÁREA LIBRE DE PASO									
Superficie libre %	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Factor fo	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.20	1.40

Para 50% de Superficie libre $f_o = 1.00$

Calculando Área de Tamizado

$$f_t = f_d * f_r * f_s * f_e * f_h * f_m * f_p * f_i * f_o$$

$$f_t = 0.76$$

$$S (\text{Área de Tamizado}) = 1.22 \text{ m}^2$$

Resultados:

Para un 90% de Eficiencia, con un 32.00% de finos y con un flujo de 15.50ton/h. se recomienda ampliar el área de tamizado a $= 1 \text{ m}^2$

Fuente: CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE CRIBADO: Juan Luis Bouso - Eral, Equipos y Procesos S. A. Mayo 1999

PROYECTO CLASIFICACION DE GRANOS

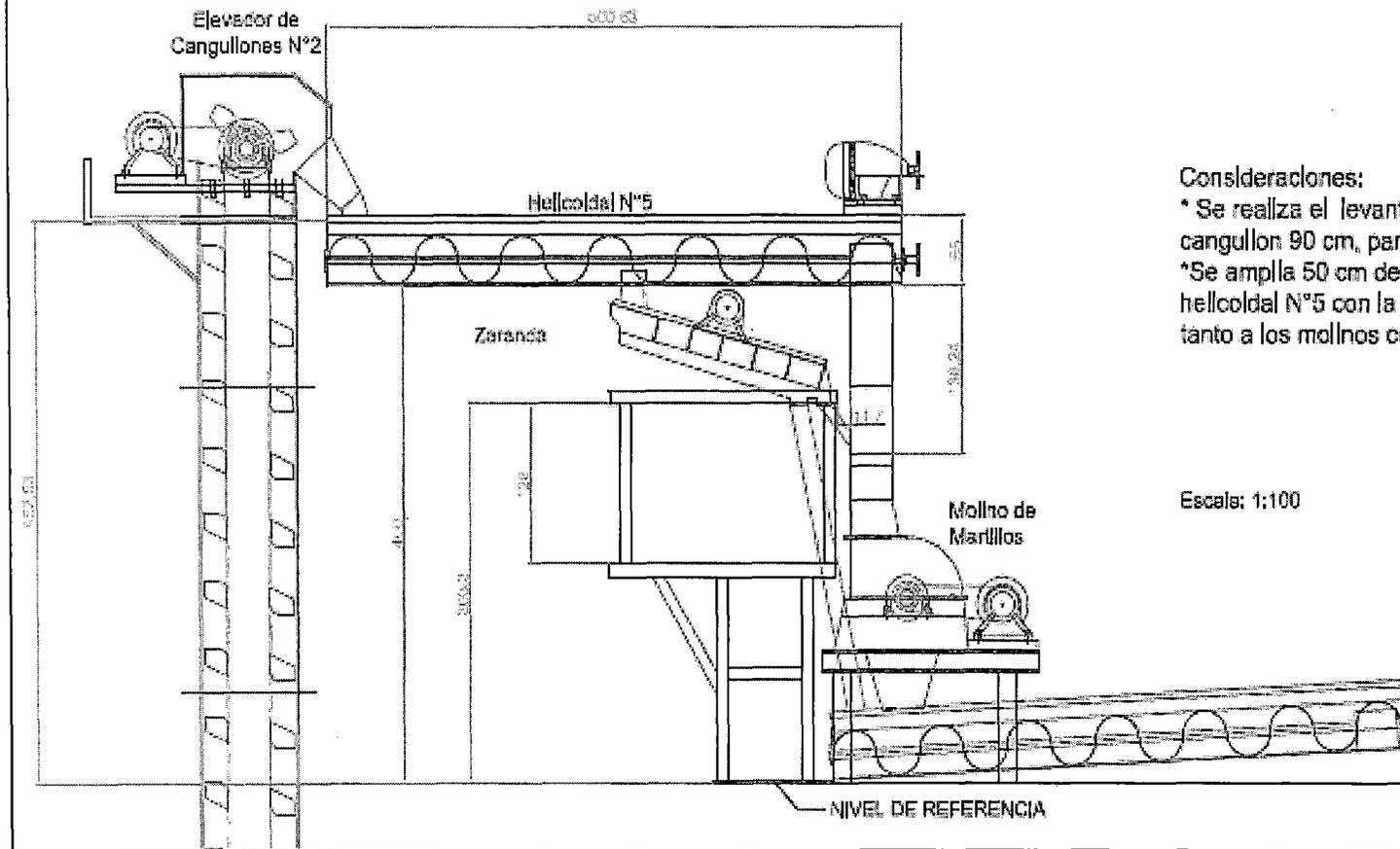


Figura 49: Proyecto Clasificación de Granos

Cuadro 86: Evaluación Económica

EVALUACIÓN ECONÓMICA
<p>AHORRO (A)</p> <p>1. Generación de 150 TM/ mes de polvos finos de sal remolidos. Precio Promedio TM de Sal Consumo Humano: US\$ / TM 139 Pérdidas Económicas Mes: US\$ 20,850</p> <p>2. El proyecto busca reducir las pérdidas de material particulado debido al remolido en 90 %, lo cual a su vez representa 22 % de las pérdidas de producción total de sal consumo humano. Esto significaría que se recupera en ventas mensuales de producto terminado: US\$ 18,765</p> <p>INVERSION (I)</p> <p>Se cuenta con el tamiz adecuado perteneciente a una antigua planta de la empresa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Levantamiento de la estructura del elevador de cangilón en 90 cm para la instalación de la zaranda. US\$ 6,500 - Ampliación de la estructura del transportador helicoidal n°5 en 50 cm tanto a los molinos como al chute de salida de finos. US\$ 10,700 <p>Total Inversión: US\$ 17,200</p> <p><u>PERIODO DE RECUPERACION (PRI)</u></p> <p>PRI = I/A PRI = 17,200/18765 PRI = 1 mes</p>

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Cuadro 87: Identificación de Aspectos Ambientales significativos (Método cualitativo)

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUALITATIVO)							
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA				
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN
Generación de Polvos Finos de Sal	Contaminación del aire	C	M	M	M	B	M

Donde:

SIGNIFICANCIA:	B: Baja (1)	M: Media (2)	A: Alta (3)	FRECUENCIA:	C: Continuo (3)	E: Episódico (2)	A: Accidental (1)
-----------------------	-------------	--------------	-------------	--------------------	-----------------	------------------	-------------------

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el: TOTAL \geq 12.**Cuadro 88:** Identificación de aspectos ambientales significativos (Método cuantitativo)

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)									
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN		
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN		
Generación de Polvos Finos de Sal	Contaminación del aire	3	2	2	2	1	2	12	SI

5.3 SELECCIÓN DE OPCIONES PRODUCCIÓN MAS LIMPIA

Se evaluarán las opciones según el siguiente sistema de calificación:

Cuadro 89: Sistema de calificación PML

CRITERIO	PUNTAJE	
EVALUACIÓN TÉCNICA	VIABLE	10
	NO VIABLE	0
	DISPONIBLE	10
	NO DISPONIBLE	0
EVALUACIÓN ECONOMICA	0 - 1 MESES	10
	1 - 6 MESES	7
	6 - 12 MESES	5
	MAYOR A 12 MESES	3
	MAYOR A 24 MESES	0
EVALUACIÓN AMBIENTAL	SIGNIFICATIVO	10
	NO SIGNIFICATIVO	0

Fuente: Elaboración propia

Siendo las Opciones PML que tengan puntaje mayor a 30 las cuales serán seleccionadas para la implementación

Cuadro 90: Evaluación de opciones PML

OP PML	DESCRIPCIÓN	EVALUACIÓN TÉCNICA				EVALUACIÓN ECONOMICA					EVALUACIÓN AMBIENTAL		TOTAL
		VIABLE	NO VIABLE	DISPONIBLE	NO DISPONIBLE	0 - 1 MESES	1 - 6 MESES	6 - 12 MESES	MAYOR A 12 MESES	MAYOR A 24 MESES	SIGNIFICATI VO	NO SIGNIFICATIV O	
1	PROCESO: Cristalización de Salmuera Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera.	10	---	10	---	---	---	---	---	---	---	---	20
3	PROCESO: Lavado de Sal Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso para regular los flujos y concentraciones de salmuera de lavado.	10	---	10	---	---	---	---	---	---	---	---	20
4	PROCESO: Lavado de Sal Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de la salmuera residual previo proceso de decantación de lodos.	10	---	10	---	---	---	---	0	---	---	---	20
6	PROCESO: Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso de temperaturas de secado.	10	---	10	---	---	---	---	---	---	---	---	20
7	PROCESO: Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial Cambio de Matriz Energética: Uso de Gas natural.	10	---	10	---	---	---	---	3	---	10	---	33
8	PROCESO: Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial Cambio en la Tecnología de Equipo: Repotenciación del Secador Rotatorio.	10	---	10	---	10	--	---	---	---	---	---	30
11	PROCESO: Refinación Sal Consumo Humano Cambio en la Tecnología de Proceso: Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.	10	---	10	---	10	--	---	---	---	10	---	40

Fuente: Elaboración propia

Del valor total se observa que las opciones seleccionadas son:

Cuadro 91: Evaluación de opciones PML

Proceso	Opciones de Producción más limpia
Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	OP.7. Cambio de Matriz Energética: Uso de Gas natural
Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	OP.8. Cambio en la Tecnología de Equipo: Repotenciación del Secador Rotatorio
Refinación Sal Consumo Humano (Enfriado - Molienda Secundaria)	OP.11. Cambio en la Tecnología de Proceso: Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.

Fuente: Elaboración propia

Estas opciones se presentaron a la Alta Dirección y dieron su visto bueno para su implementación.

CAPÍTULO VI IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Según la Guía Peruana GP 900.200 para la Implementación de P+L, se debe considerar las siguientes etapas:

- Obtención de fondos
- Preparar el Plan de Acción de Producción Más Limpia
- Implantar las oportunidades de Producción Más Limpia
- Supervisar y evaluar el avance

Para la presente tesis, sólo se dará recomendaciones para cada una de estas etapas.

6.1 Obtención de fondos

En la mayoría de los casos, las oportunidades de Producción Más Limpia requieren de mínima inversión que sin problemas puede ser asumida por la organización o son rentables económicamente, según la evaluación económica de nuestras opciones los periodos de recuperación son menores a un año.

Cuadro 92: Periodo de recuperación de Opciones de Producción más limpia

Opciones de Producción más limpia	Periodo de recuperación
OP.7. Cambio de Matriz Energética: Uso de Gas natural	1 año
OP.8. Cambio en la Tecnología: Repotenciación del Secador Rotatorio	01 mes
OP.11. Cambio en la Tecnología: Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.	01 mes

Fuente: *Elaboración propia*

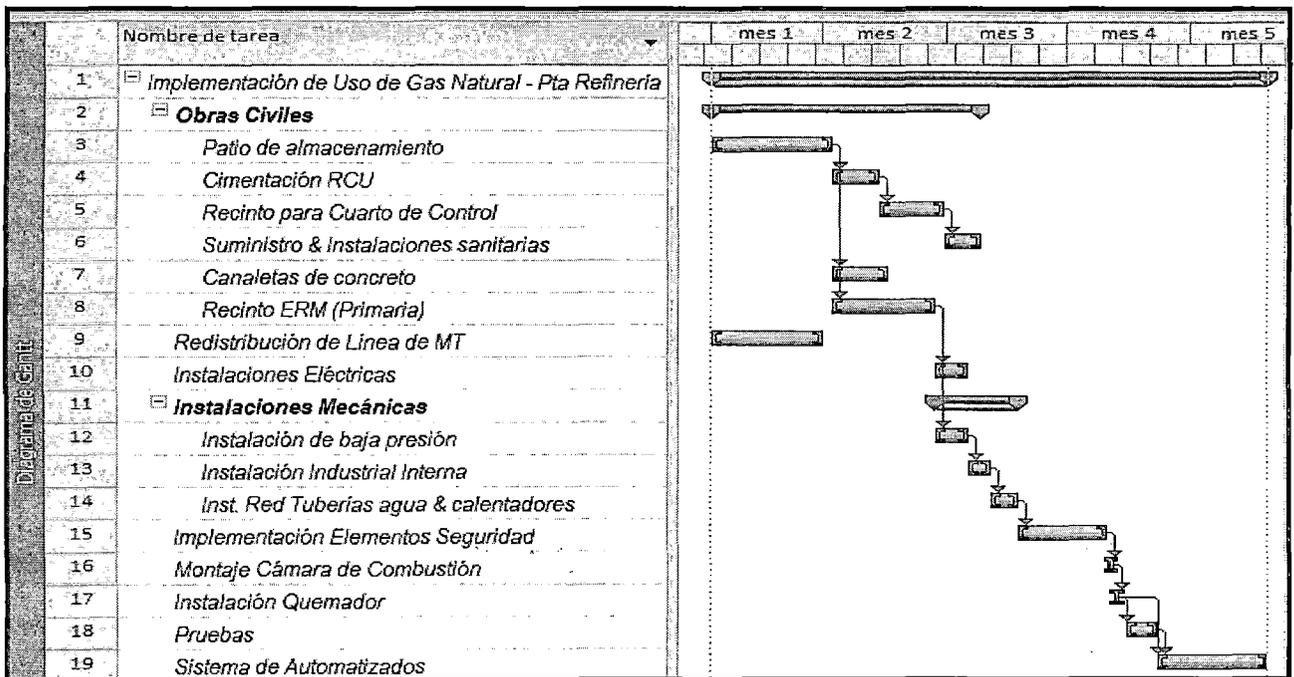
Sin embargo, pueden existir oportunidades que involucren un cambio de tecnología o cambios en el proceso con la respectiva inversión en materia prima, ensayos y optimización de los procesos, las cuales necesitarán de una mayor inversión. Para este

tipo de oportunidades, las organizaciones pueden acceder a fuentes de financiamiento a través de líneas de crédito ambiental.

6.2 Planes de acción

OP.7. CAMBIO DE MATRIZ ENERGÉTICA: USO DE GAS NATURAL

Cuadro 93: Línea de Crédito para la Implementación de uso de gas natural – Planta Refinería



Fuente: Elaboración propia

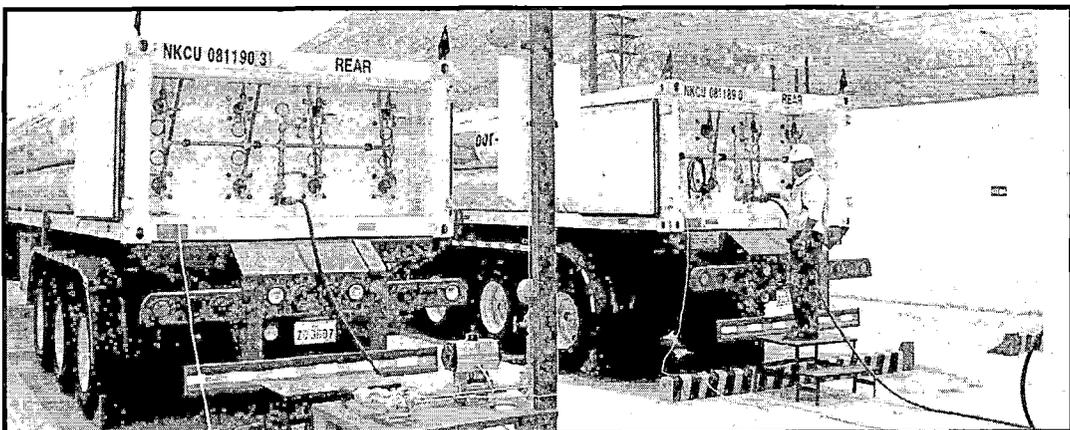
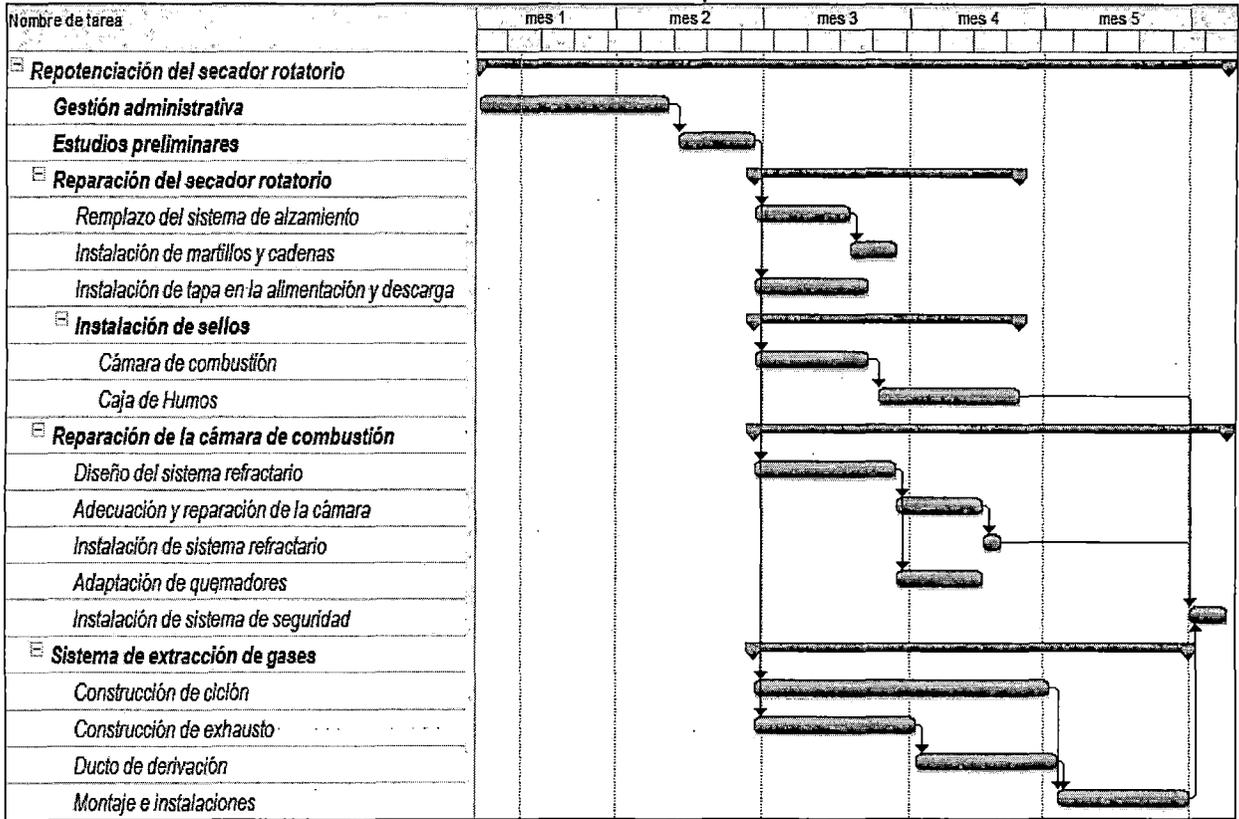


Figura 50: Transporte y descarga de GNC

OP.8. REPOTENCIACIÓN DEL SECADOR

Cuadro 94: Plan De Acción P+L N° 08 Repotenciación del Secador



Fuente: Elaboración propia

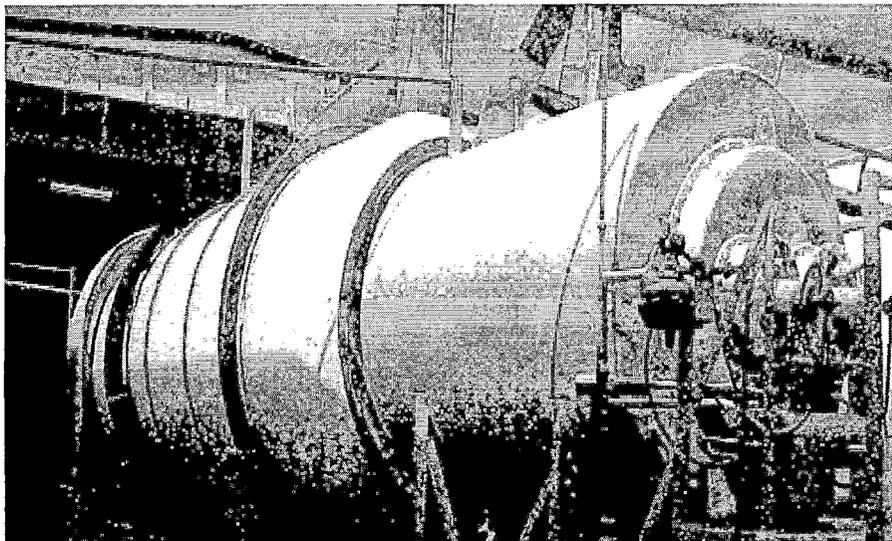


Figura 51: Secador Rotatorio

OP.11. ADECUACIÓN DE UN TAMIZ ANTES DE LA MOLIENDA SECUNDARIA PARA EVITAR REMOLIDO

Cuadro 95: Plan de Acción P+L N° 11 Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.

NOMBRE DE LA-TAREA	MES 1		MES 2		MES 3		MES 4	
Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.								
Estudios Preliminares								
Pruebas de Capacidad del Tamiz Malla 10 (2mm.).	■							
Simulación de Flujos		■						
Balance de Materiales y distribución de flujos de Planta de Refinería.			■					
Determinación de eficiencias con respecto a la recuperación de finos			■					
Ingeniería Básica								
Diseño técnico, grafico (ubicación del Tamiz.)				■	■			
Adquisición de Materiales								
Estructuras Metalicas					■			
Recepción de Materiales						■		
Montaje Mecánico Estructuras								
Colocación de Estructuras						■	■	
Montaje del Tamiz								■

Fuente: Elaboración propia

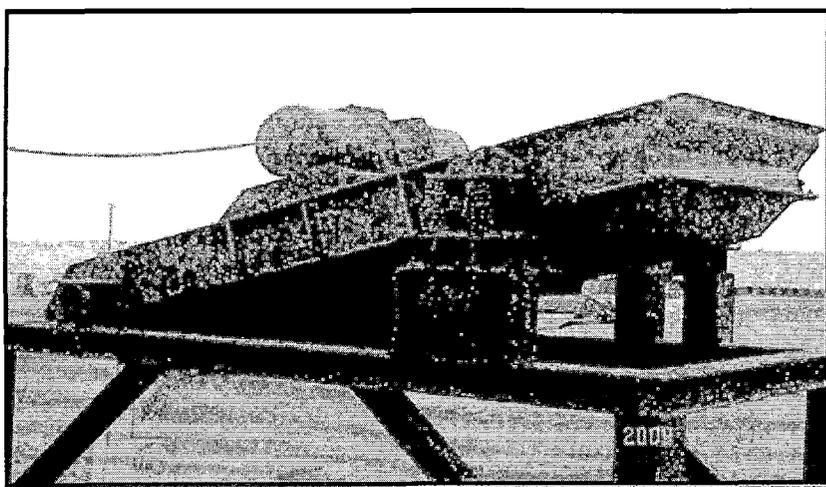
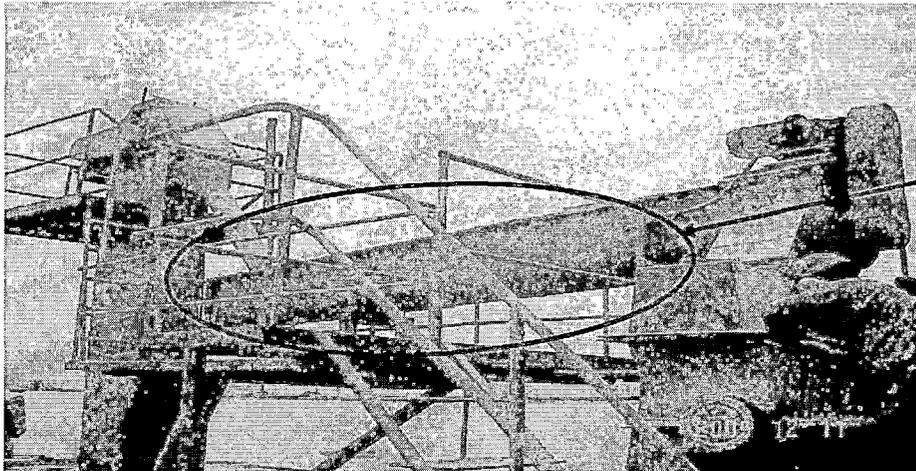


Figura 52: Zaranda propuesta



Ubicación del
Tamiz

Figura 53: Ubicación del Tamiz

6.3 Implementar las oportunidades de Producción Más Limpia

Los requisitos de implementación varían ampliamente según el tipo de oportunidad. Para oportunidades complejas el trabajo de implementación consta de las siguientes etapas:

- a) Preparación detallada: selección del equipo, diseño de las modificaciones a las instalaciones, planificación del presupuesto para las inversiones requeridas;
- b) Planificación de la instalación: mano de obra, equipo de instalación, parada temporal de la línea de producción;
- c) Instalación;
- d) Capacitación de los operarios, y
- e) Puesta en marcha.

6.4 Supervisar y evaluar el avance

Con la finalidad de generar un interés continuo en la organización, debe de realizarse una supervisión continua de los avances que presenten cada una de las opciones ya implantadas.

Las razones para dar seguimiento a la implementación de las oportunidades en las organizaciones que ejecutaron el Diagnóstico de Producción Más Limpia son:

- Obtener información sobre el impacto de la ejecución de las recomendaciones en el rendimiento de la organización;
- Compartir información con las partes interesadas de la organización;
- Entender mejor las barreras e incentivos que generan las decisiones de la organización para asumir o ignorar las oportunidades, lo que permitirá afinar las estrategias futuras en los Diagnósticos de Producción Más Limpia.

En esta evaluación deben de considerarse los siguientes factores:

- Cambios en las cantidades generadas de emisiones, residuos y efluentes.
- Cambios en el consumo de recursos (materias primas y energía).
- Cambios en la productividad

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se lograron los objetivos planteados, el detalle se muestra a continuación:

- Se revisó las diferentes etapas del proceso productivo, analizando los consumos y costos de los recursos: energía eléctrica, diesel, agua de la Refinería de Sal. También se estudió y caracterizó los parámetros ambientales como las emisiones atmosféricas, efluentes líquidos y residuos sólidos, que nos sirvió para determinar las áreas y procesos prioritarios donde proponer acciones de producción más limpia.

Cuadro 96: Procesos y Operaciones Unitarias

ÁREAS PRIORITARIAS	PROCESOS/ OPERACIONES UNITARIAS
Extracción de salmuera	Compresoras Combustible
Cristalización de salmuera	Motobombas
	Retiro de Salmuera de alta concentración
Cosecha de sal cristalizada	Escarificado y apilado de Sal (Maquinaria Pesada)
Lavado de Sal	Lavado
	Tratamiento de Salmuera Residual de Lavado
	Traslado Interno a Planta Refinería (Maquinaria Pesada)
Refinación de Sal Consumo Humano	Secado
	Enfriado
	Molienda Secundaria
	Envasado en Paquetes
	Empacado
	Ensacado (50Kg)
Producción de Sal Industrial	Alimentación
	Secado
	Empacado
	Ensacado (50Kg)

- A continuación se determinaron las causas de los flujos de contaminantes e ineficiencias de las áreas y/o procesos para poder proponer las opciones de producción más limpia, estableciendo un total de 16 opciones (cuadro 47), que en resumen son:

- Generación de buenas prácticas operativas.
- Reuso y Reciclaje.
- Cambio de Matriz Energética.
- Cambio en la Tecnología
- Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental.
- Implementación de Programa de Mantenimiento Preventivo.

- Usando el método de EVALUACIÓN DE OPCIONES - MÉTODO DE LA SUMA PONDERADA, Anexo H de la GP 900.200:2007 Guía para la implementación de Producción más Limpia, se evaluaron las 16 opciones priorizando 7 opciones para su estudio técnico, económico y ambiental (cuadro 49)

- Luego de las evaluaciones de factibilidad y su respectiva selección (Tabla 90. EVALUACIÓN DE OPCIONES PML), se presentaron a la Alta Dirección de la organización aceptando la implementación de las siguientes opciones:

Cuadro 97: Operaciones de Producción más limpia

Proceso	Opciones de Producción más limpia
Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	OP.7. Cambio de Matriz Energética: Uso de Gas natural
Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	OP.8. Cambio en la Tecnología: Repotenciación del Secador Rotatorio
Refinación Sal Consumo Humano (Enfriado - Molienda Secundaria)	OP.11. Cambio en la Tecnología: Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.

- El resumen de los beneficios técnicos y/o ambientales se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 98: Beneficios técnicos y/o ambientales

Recurso / Aspecto Ambiental	Medida PML	Beneficio Técnico / Ambiental - Meta	Beneficios económicos (US\$/año)	Inversión (US\$)	Tiempo de retorno
Energía / Emisiones	Cambio de Matriz Energética: Uso de Gas natural en el proceso de Secado	- Reducción del costo variable de combustible (actualmente es 18% del costo variable total de la producción). - Reducción de la emisión de gases de Efecto invernadero y gases contaminantes de la atmósfera.	Ahorro Total Anual = 396,586	250,000	1.1 Año
Energía / Emisiones	Repotenciación del Secador Rotatorio	-Reducción del consumo específico de combustible en 10%. - Reducción de la emisión de gases de Efecto invernadero y gases contaminantes de la atmósfera.	Ahorro Total Anual = 22,260 + Aumento de Ganancia por mayor producción= 1'165,932	85,000	Inmediato
Emisiones	Adecuación de un tamiz antes de la molienda secundaria para evitar remolido.	Disminuir en 22 % las mermas de sal que se pierden como material particulado en la etapa de refinación de sal consumo humano e industrial (Aproximadamente 150 TM/mes)	Ahorro por recuperación de pérdidas de Sal Anual =225,180	17,200	Inmediato

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

El siguiente trabajo ha servido para identificar las oportunidades de mejora en los procesos de la Planta de Producción de Sal con la finalidad de establecer opciones de producción más limpia que ayuden a optimizar nuestro proceso productivo reduciendo residuos, efluentes y emisiones.

Para cumplir con lo propuesto se aplicó la metodología indicada por la guía peruana GP 900-200:2007 Guía Para La Implementación De Producción Más Limpia, de la cual se recomienda que para trabajos posteriores debe ser aplicada e implementada por personal con experiencia en el rubro o los procesos involucrados para que se puedan definir correctamente los criterios en las metodologías de selección de opciones.

Durante el desarrollo del estudio se estableció que las opciones seleccionadas para la implementación serían aquellas que cumplan con criterios técnicos, económicos y ambientales. Sin embargo en el proceso de evaluación hubo opciones no seleccionadas que deben ser consideradas dado que están relacionadas a determinados cumplimientos de temas ambientales y legales. Estas opciones se anotan a continuación:

- 1) OPL 02 Reuso y Reciclaje de Salmuera: Implementar una gestión de reuso de la salmuera de alta concentración como estabilizador de suelos para evitar la polución con el paso de vehículos.

Comentario: La salmuera de alta concentración que es el residuo del proceso de cristalización de cloruro de sodio sirve como estabilizador de suelo para controlar la generación de polvo que se da en la plataforma debido al efecto del aire y el tránsito de vehículos. Con esta salmuera se puede realizar riego de la plataforma y así mantener controlado el polvo que se levanta de la plataforma.

- 2) OPL 05 Reuso y Reciclaje de Lodos de Salmuera: Implementar una gestión de reuso de los lodos de salmuera para la compactación de pistas en las zonas de trocha y semi-trocha.

Comentario: En el proceso de lavado de sal, se utiliza salmuera de baja concentración. Esta salmuera disuelve y arrastra las impurezas de la sal que posteriormente va a ser refinada. Luego esta salmuera utilizada para el lavado va hacia unas pozas de sedimentación donde las impurezas se sedimentan y la salmuera se recupera para volver a utilizar en el proceso. Este lodo Sedimentado (contiene $MgSO_4$, $CaSO_4$, $MgCl_2$) puede utilizarse para mejorar la plataforma de tránsito de los vehículos para lo cual se tendría que implementar un programa de mantenimiento periódico de los accesos internos del campamento.

- 3) OPL 09 Reuso y Reciclaje de Polvos Finos de Sal: Implementar una gestión de reuso de los polvos finos de sal de la etapa de secado en la refinación de sal, para la renovación de suelos contaminados.

Comentario: Los polvos finos de sal no son peligrosos, sin embargo son un desecho del proceso, actualmente se viene almacenando. Se busca su reutilización para mejoras de la infraestructura. Se pretende dar mantenimiento a los suelos con presencia de contaminantes (aceites, grasas, combustible, etc.) removiendo la tierra contaminada y colocando polvos finos de sal para darle una mejor presencia.

- 4) OPL 10. Generación de buenas prácticas operativas: Establecer especificaciones de control de proceso para las diferentes áreas de producción.

Comentario: Las desviaciones en los procesos en determinadas etapas de producción son motivo de generación de residuos y pérdidas al proceso. Por tal motivo es conveniente estudiar y estandarizar los parámetros de producción para que en cualquiera de los turnos de producción y siendo cualquier operador el responsable de la producción, la manera en la que tenga que desempeñarse el proceso de producción sea uniforme y siguiendo un control de parámetros establecidos que aumente la eficiencia del proceso y disminuyan las pérdidas.

- 5) OPL 12 Reuso y Reciclaje: Implementar una gestión de reuso de los polvos finos de sal de la etapa de enfriado y molienda secundaria, para la renovación de suelos contaminados.

Comentario: Los polvos finos de sal no son peligrosos, sin embargo son un desecho del proceso, actualmente se viene almacenando. Se busca su reutilización para mejoras de la infraestructura. Se pretende dar mantenimiento a los suelos con presencia de contaminantes (aceites, grasas, combustible, etc.) removiendo la tierra contaminada y colocando polvos finos de sal para darle una mejor presencia.

- 6) OPL 13 Generación de buenas prácticas operativas: Establecer instrucciones operacionales e instrucciones ambientales para las áreas de producción de la empresa.

Comentario: A manera también de estandarizar los procesos se ve conveniente la elaboración de instrucciones operacionales y ambientales de tal manera de describir y definir claramente la manera de realizar las actividades con la finalidad de garantizar la calidad de la producción y el correcto desempeño ambiental previniendo cualquier impacto al ambiente.

- 7) OPL 14. Reúso y Reciclaje: Implementar una gestión integral de residuos sólidos aprovechando en comercializar los residuos reusables (aceite usado, plástico, papel, etc.).

Comentario: Como parte del cumplimiento a la normativa legal aplicable en términos ambientales se debe proceder con una implementación del tratamiento de los residuos sólidos, mediante una gestión integral de residuos sólidos, que contemple la reducción, reuso y el reciclaje de los residuos sólidos, así como también el almacenamiento temporal, transporte y disposición final de estos, asegurando que en ninguna etapa de las mencionadas se generen impactos al ambiente.

El detalle de las opciones previamente mencionadas se encuentra en el anexo 03.

Bibliografía

- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
GP 900.200:2007 Guía para la implementación de Producción más Limpia
Primera edición - 06/06/2007.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
NTP 900.201 Producción más Limpia – Auditoría
Primera edición - 11/07/2008
- Consejo Nacional del Ambiente CONAM - Centro de Eficiencia
Tecnológica CET
Guía para la Implementación de Producción más Limpia
Lima, 2005
- Consejo Nacional del Ambiente CONAM - Centro de Eficiencia
Tecnológica CET
Guía para Auditoría de Producción más Limpia
Lima, 2005
- Organización Internacional de Normalización
ISO 14001:2004 Sistemas de Gestión Ambiental -Requisitos
Segunda edición - 2004
- Control Estadístico de Procesos Simplificado
Robert T. Amsden / Howard E. Butler
Panorama Editorial
- Indicadores Medioambientales para la empresa
IHOBE / Agencia Federal de Medio Ambiente, Berlin
Gobierno Vasco
- Indicadores de Gestión – Herramientas para lograr la competitividad
Jesús Mauricio Beltrán Jaramillo
3R Editores

ANEXO 1: NORMAS TECNICAS PARA LA PRODUCCION DE SAL

Código	Detalle
ITINTEC 209-014	Sal Común (1968)
NTP 209.015	Sal para consumo humano, requisitos generales
ITINTEC 209.016	Sal para uso en la Industria Alimenticia (1968)
ITINTEC 209.017	Sal. Métodos de Ensayo (1991)
ITINTEC 209.230	Sal de Condimentos (1984)
NTP 209.232	Determinación de flúor en sal, método del electrodo específico(1985)
ITINTEC 209.236	Sal. Extracción de Muestras (1985)
NTP 209.237	Determinación de yodo en sal(1985)
NTP 231.060	Sacos de Yute. Métodos de extracción de muestras
ITINTEC 350-001	Tamices de Ensayo (1970)
ITINTEC PE – 004 - 86	Sal para Consumo Humano
UNE 34-202-81	Determinación de materias insolubles en agua o en medio ácido y preparación de las disoluciones de partida para otras determinaciones – Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,981
UNE 34-203-81	Determinación de la pérdida de masa – Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,981
UNE 34-204-81	Determinación del Calcio y Magnesio – Método Complexométrico con EDTA - Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,981
UNE 34-205-81	Determinación de Halógenos, expresados en cloro – Método Mercurimétrico – Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,981
UNE 34-206-81	Determinación del Nitritos – Método Permanganométrico - Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,981
UNE 34-207-81	Determinación de Yoduros – Método Yodométrico - Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,981
UNE 34-208-81	Determinación de Potasio – Método Volumétrico – Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,981
UNE 34-209-81	Determinación del Hierro – Método Fotométrico con 1,1 O-Fenantrolina - Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,981
UNE 34-210-81	Determinación de Fluoruros – Método Fotométrico con 2-(p-sulfonenilazo)-1,8- dihidroxinaftol-3,6-disulfonato sódico (SPADNS).
UNE 34-231-81	Determinación de Hexacianoferrato (II) soluble en agua – Método

	fotométrico con azul de Prusia – Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,981
UNE 34-233-84	Determinación del Sulfatos como Sulfato Bórico - Método Gravimétrico - Cloruro sódico (Sal comestible) – 1,984
ANSI/AWWA B20098	Métodos de ensayo estándar para cloruro de sodio(1998)
ASTM D 632-01	Especificaciones técnicas para el cloruro de sodio(2001)
ASTM E 200-08	Standard Practice for Preparation, Standardization, and Storage of Standard and Reagent Solutions for Chemical Analysis
ASTM E 534-08	Métodos de ensayo para análisis químico de cloruro de sodio(2008)
CX STAN 150- 1985, Rev.1997	Sal Grado Alimenticio, Composición, Métodos de Ensayo y Muestreo
COVENIN 179:1995	Sal Comestible (2da. Revisión)
NTC 1254	Industrias Alimentarias – Sal para consumo Humano.
FCC-2005	Sal – Cloruro de Sodio (2005)
INST. SAL	Determinación de Ferrocianuro de Sodio (YPS)- (YPS)- INSTITUTO DE LA SAL.
REFERENCIA	Determinación de Ferrocianuros sol. e insolubles
REFERENCIA	Determinación Colorimétrica de YPS

ANEXO 2 : RELACIÓN DE MOTORES ELECTRICOS

CRISTALIZACIÓN Y EXTRACCIÓN - COMPRESORAS ELÉCTRICAS									
ZONA		POZO N° 1	POZO N° 3	POZO N° 4	POZO N° 5	POZO N° 6	POZO N° 7	POZO N° 9	POZO N° 10
EQUIPO	Características del Equipo	SULLAIR 3707 N°1	SULLAIR 3707 N°5	SULLAIR 3707 N°2	SULLAIR 3707 N°3	SULLAIR 3707 N°6	SULLAIR 3707 N°4	SULLAIR 3707 N°7	SULLAIR 3707 N°8
HP		50	50	50	50	50	50	50	50
AMP (A)		62	60	64	66	63	56	66	58
VOLT (V)		438	439	435	434	442	433	440	439
KWH		39	41	42	43	40	42	37	32

PLANTA LAVADO N° 01 - MOTORES		
Equipos	Características	Descripción
Faja transportadora 1	Dimensión: 16.0 m (l) x 30" Potencia de motor: 10 HP / 1800 rpm	Equipo de transporte de sal y regulación de flujo de sal
Faja transportadora 2	Dimensión: 25.0 m (l) x 24" Potencia de motor: 7.5 HP / 1800 rpm	Equipo de transporte de sal y alimentación al lavador clasificador
Lavador clasificador	Tipo: sin fin doble Potencia de motor: 20.0 HP / 1800 rpm	Permite la remoción de impurezas de la sal
Malla desaguadora	Dimensión: 25.0 m (l) x 0.66 m. (a) Potencia de motor: 10 HP / 1800 rpm	Reduce la humedad de la sal
Faja transportadora 3	Dimensión: 115.0 m (l) x 24" Potencia de motor: 9 HP / 1800 rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora principal 4	Dimensión: 220.0 m (l) x 24" Potencia de motor: 24 HP / 1745 rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora tripper ala oeste	Dimensión: 44.0 m (l) x 24" Potencia de motor: 9 HP / 1800 rpm	Equipo usado para formar las pilas de sal lavada.
Faja transportadora tripper ala oeste	Dimensión: 44.0 m (l) x 24" Potencia de motor: 10 HP / 1745 rpm	Equipo usado para formar las pilas de sal lavada.
Bomba de salmuera	Marca: Hidrostral Potencia de motor: 50 HP / 1800 rpm	Equipo para la alimentación de salmuera diluida al lavador y a la malla desaguadora

PLANTA LAVADO N° 02 - MOTORES		
Equipos	Características	Descripción
Faja transportadora 1	Dimensión: 15 m (l) x 30" Potencia de motor: 12 HP / 1745rpm	Equipo de transporte de sal y regulación de flujo de sal
Faja transportadora 2	Dimensión: 40 m (l) x 24" Potencia de motor: 12 HP / 1745rpm	Equipo de transporte de sal y alimentación al lavador clasificador
Lavador clasificador	Tipo: sin fin Potencia de motor: 36.0 HP / 1800 rpm	Permite la remoción de impurezas de la sal
Zaranda 1	Potencia de motor: 25.0 HP / 1800 rpm	Equipo utilizado para la reducción de humedad en la sal
Zaranda 2	Potencia de motor: 25.0 HP / 1800 rpm	Equipo utilizado para la reducción de humedad en la sal
Faja N° 3 de la Zaranda 2 hacia la faja 4	Potencia de motor: 12.5HP / 1745 rpm Dimensión: 140 m x 24"	Traslado de sal de la zaranda 02 hacia el tripper de apilamiento.
Faja transportadora 4. de la faja N° 3 hacia el tripper de apilamiento.	Dimensión: 220 m x 24" Potencia de motor: 25.0 HP / 1800 rpm 20HP / 1745 rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora tripper ala oeste	Dimensión: 40m x 24" Potencia de motor: 12.5HP / 1745 rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora tripper ala este	Dimensión: 40m x 24" Potencia de motor: 12.5HP / 1745 rpm	Equipo de transporte de sal

PLANTA LAVADO N° 03 - MOTORES		
Equipos	Características	Descripción
Faja transportadora 1	Dimensión: 30m x 30" Potencia de motor: 20HP / 1750 rpm	Equipo de transporte de sal y regulación de flujo de sal
Molino de Sal	Molino de martillos: 7 x 4 (28 martillos)	Equipo que reduce el tamaño de la sal
Faja transportadora 2	Dimensión: 12m x 24" Potencia de motor: 9 HP / 1800rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora 3	Dimensión: 36m x 24" Potencia de motor: 3.6HP / 1750 rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora 4	Dimensión: 220 m x 24" Potencia de motor: 20 HP / 1750 rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora tripper ala oeste	Dimensión: 32m x 24" Potencia de motor: 12.5 HP / 1750 rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora tripper ala este	Dimensión: 32m x 24" Potencia de motor: 12.5 HP / 1750 rpm	Equipo usado para formar las pilas de sal lavada. Consta adicionalmente a la faja principal de 02 fajas de 15 m.

PLANTA LAVADO N° 04 - MOTORES		
Equipos	Características	Descripción
Faja transportadora 1	Dimensión: 40m x 30" Potencia de motor: 12 HP / 1750rpm	Equipo de transporte de sal y regulación de flujo de sal
Faja transportadora 2	Dimensión: 20m x 24" Potencia de motor: 3.6 HP / 1750rpm	Equipo de transporte de sal
Bombas Denver 5" x 4"	Potencia: 15 HP	Transportan la mezcla sal y salmuera de un equipo hacia otro
Celda de lavado	Material: Acero inoxidable AISI 316 L para el cuerpo y ejes, y de F-112 para la torreta de soporte del motor y protección. Capacidad: 25-30 ton/hora Potencia: 20+15 HP	Tratamiento de sal compuesto por dos celdas con dos ejes en disposición vertical con doce palas c/u, accionados por un motor y con transmisión por correas trapezoidales. Separan las impurezas de los cristales de sal por medio de la atrición.
Bombas Denver 5" x 4"	Potencia: 15 HP	Transportan la mezcla sal y salmuera de un equipo hacia otro
Bombas Mono	Potencia: 10 HP	Transportan la mezcla de sal y salmuera del decantador a la centrífuga
Faja transportadora 3	Dimensión: 24m x 24" Potencia de motor: 8.5 HP / 1750 rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora 4	Dimensión: 220 m x 24" Potencia de motor: 20 HP / 1750 rpm	Equipo de transporte de sal
Faja transportadora tripper ala oeste	Dimensión: 34m x 24" Potencia de motor: 12.5 HP / 1750 rpm	Equipo usado para formar las pilas de sal lavada.
Faja transportadora tripper ala este	Dimensión: 34m x 24" Potencia de motor: 12.5 HP / 1750 rpm	Equipo usado para formar las pilas de sal lavada.

PLANTA REFINERÍA DE SAL		
Equipos	Características	Descripción
Faja transportadora 1	Dimensión: 11.2 m. x 14" Material de estructura: AISI 316 L Potencia de motor: 12 HP	Traslada la sal desde tolva hacia la chancadora primaria
Molino (Chancadora):	Dimensión molino: 1.00 m (a) x 0.80 m (l) x 0.75 m (h) Capacidad: 12 - 15 TN/hr Potencia de trabajo: 1800 rpm Material: AISI 316 L	Reduce el tamaño de los granos, logrando así una mayor área de secado
Helicoidal (Nº 1)	Dimensión helicoidal: 0.50 m. (a) x 9.05 m. (l) x 0.50 m. (h) Potencia de motor: 3.6 HP Material: AISI 316 L	Traslada la sal desde el molino hacia el secador
Cámara de combustión	Dimensión: 1.6 m. (diam.) x 3.50 m (l) Potencia de motor: 2.4 HP (Ven. Nº 1) y 12 HP (Ven. Nº 2) Potencia de bomba de petróleo: 0.5 HP Tipo de combustible: diesel 2	Genera flujo de fuego y aire para el secado del producto
Secador Rotativo	Dimensión: 2.7 m. (diam.) x 9.0 m (l) Potencia de motoreductor: 24 HP Material: AISI 316 L	Disminuye al mínimo la humedad de la sal y reduce a niveles aceptables la presencia de microorganismos halófilos, por medio aire caliente proveniente de la cámara de combustión (fuego directo).
Helicoidal (Nº 2 y 3)	Potencia de motor: 3.6 HP Nº 2 - 4.5 HP Nº 3 Material: AISI 316 L	Traslada la sal desde la salida del secador hacia el elevador Nº 1
Elevador (Nº 1)	Dimensión elevador: 1.10 m.(a) x 0.5 m (l) x 8.65 m (h.) Potencia de motor: 4.5 HP Material: AISI 316 L	Traslada la sal desde el helicoidal Nº 3 hacia el enfriador (parte superior)
Enfriador Rotativo	Dimensión: 2.9 m. (diam.) x 11.0 m (l) Potencia de motoreductor: 30 HP Material: AISI 316 L	Disminuye la temperatura de la sal por medio de aire (contracorriente), disminuyendo así el porcentaje de mermas por láminas de envasado.

PLANTA REFINERÍA DE SAL		
Equipos	Características	Descripción
Helicoidal (N° 4)	Dimensión helicoidal: 0.45 m. (a) x 3.50 m. (l) x 0.45 m. (h) Potencia de motor: 4:5 HP Material: AISI 316 L	Traslada la sal desde la salida del enfriador hacia el elevador N° 2
Elevador (N° 2)	Dimensión elevador: 0.80 m.(a) x 0.5 m (l) x 8.15 m (h.) Potencia de motor: 3.6 HP Material: AISI 316 L	Traslada la sal desde el helicoidal N° 4 hacia el helicoidal N° 5
Helicoidal (N° 5)	Dimensión helicoidal: 0.55 m. (a) x 4.50 m. (l) x 0.50 m. (h) Potencia de motor: 3.6 HP Material: AISI 316 L	Traslada la sal desde el elevador N° 2 hacia los molinos N° 1 y 2
Exhaustor de finos	Dimensión ciclón N° 1: 0.76 m. (a) x 3.40 m. (h) Dimensión ciclón N° 2: 1.72 m. (a) x 6.92 m. (h) Dimensión transportador helicoidal: 0.20 m. (a) x 3.00 m. (l) Potencia de motor Transp.: 2.0 HP Material: AISI 316 L	elimina el exceso de finos provenientes del secado, enfriado y molienda; disminuyendo la polución de finos que genera un mayor desgaste de los equipos, comprenden 2 ciclones y transportador helicoidal
Molino (N° 1 y 2)	Dimensión molinos: 1.00 m (a) x 0.75 m (l) x 1.20 m (h) Capacidad: 12 - 15 TN/hr Potencia de trabajo: 3600 rpm Material: AISI 316 L	Reduce el tamaño de los granos, logrando así una granulometría adecuada dependiendo el tipo de sal que requiera la producción; los molinos cuentan con parrillas adecuadas según producción.
Helicoidal (N° 6 - 10)	Dimensión helicoidal: 0.52 m. (a) x 8.90 m. (l) x 0.50 m. (h) N° 6 Potencia de motoreductor: 12.0 HP – 1800 rpm N° 6 Material: AISI 316 L	Traslada la sal desde los molinos N° 1 y 2 hacia los silos

ANEXO 03: OPCIONES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Opciones de Producción más limpia	2. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de la salmuera de alta concentración como estabilizador de suelos para evitar la polución con el paso de vehículos.	
Proceso	Cristalización de Salmuera (Salmuera de alta Concentración evacuada)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		
EVALUACIÓN ECONÓMICA		
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		

EVALUACIÓN AMBIENTAL

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUALITATIVO)							
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA				
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN
Generación de salmuera de alta concentración	Contaminación del agua y del suelo	C	B	B	B	B	B

Dónde:

SIGNIFICANCIA: B: Baja (1) M: Media (2) A: Alta (3) **FRECUENCIA:** C: Continuo (3) E: Episódico (2) A: Accidental (1)

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el: $TOTAL \geq 12$.

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)									
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN		
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN		
Generación de salmuera de alta concentración	Contaminación del agua y del suelo	3	1	1	1	1	1	8	NO

De acuerdo a la evaluación **NO ES UN ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO**

Opciones de Producción más limpia	5. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de los lodos de salmuera para la compactación de pistas en las zonas de trocha y semi-trocha.	
Proceso	Tratamiento de Salmuera Residual (Generación de residuos sedimentados)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		
EVALUACIÓN ECONÓMICA		
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		

EVALUACIÓN AMBIENTAL

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUALITATIVO)							
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA				
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN
Generación de lodos de salmuera	Contaminación del agua y del suelo	C	B	B	B	B	B

Dónde:

SIGNIFICANCIA: B: Baja (1) M: Media (2) A: Alta (3) **FRECUENCIA:** C: Continuo (3) E: Episódico (2) A: Accidental (1)

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el: TOTAL \geq 12.

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)									
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN		
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN		
Generación de lodos de salmuera	Contaminación del agua y del suelo	3	1	1	1	1	1	8	NO

De acuerdo a la evaluación **NO ES UN ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO**

Opciones de Producción más limpia	9. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de los polvos finos de sal para la renovación de suelos contaminados.	
Proceso	Refinación Sal Consumo Humano - Producción Sal Industrial (Secado)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		
EVALUACIÓN ECONÓMICA		
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		

EVALUACIÓN AMBIENTAL

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUALITATIVO)							
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA				
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN
Generación de Polvos Finos de Sal	Contaminación del aire	C	M	M	M	B	M

Donde:

SIGNIFICANCIA: B: Baja (1) M: Media (2) A: Alta (3) **FRECUENCIA:** C: Continuo (3) E: Episódico (2) A: Accidental (1)

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el: TOTAL \geq 12.

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)									
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN		
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN		
Generación de Polvos Finos de Sal Generación de Polvos Finos de Sal	Contaminación del aire	3	2	2	2	1	2	12	SI

Opciones de Producción más limpia	10. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán especificaciones de control de proceso.	
Proceso	Refinación Sal Consumo Humano (Enfriado - Molienda Secundaria)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
<p>Las especificaciones de granulometría establecidas para la etapa de molienda secundaria son las siguientes:</p> <p>Sal Tipo Cocina: Pasante # 10: Mín. 75 % Pasante # 80: Máx. 20 %</p> <p>Sal Tipo Mesa: Pasante # 30: Mín. 80 % Pasante # 80: Máx. 20 %</p> <p>Sal Tipo Mesa Premium: Pasante # 30: Mín. 70 % Pasante # 80: Máx. 30 %</p>	<p>Es necesario el acuerdo con el área de laboratorio para coordinar la frecuencia de muestreo y el análisis respectivo de las muestras.</p> <p>Se cuenta con un juego de mallas para realizar los análisis.</p>	<p>La muestra utilizada para los análisis físicos puede ser devuelta al proceso, por lo que no se generan residuos.</p> <p>La inversión es mínima porque la labor se realizaría en los horarios normales de turno por personal de laboratorio.</p>
EVALUACIÓN ECONÓMICA		
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		
EVALUACIÓN AMBIENTAL		
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		

Opciones de Producción más limpia	12. Reuso y Reciclaje: Se implementará una gestión de reuso de los polvos finos de sal para la renovación de suelos contaminados.	
Proceso	Refinación Sal Consumo Humano (Enfriado - Molienda Secundaria)	
EVALUACIÓN TÉCNICA		
C1	C2	C3
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		
EVALUACIÓN ECONÓMICA		
NO APLICA (SEGÚN 4.8 PRE SELECCIÓN DE LAS OPCIONES GENERADAS)		

EVALUACIÓN AMBIENTAL

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUALITATIVO)

ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA				
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN
Generación de Polvos Finos de Sal	Contaminación del aire	C	M	M	M	B	M

Donde:

SIGNIFICANCIA: B: Baja (1) M: Media (2) A: Alta (3) **FRECUENCIA:** C: Continuo (3) E: Episódico (2) A: Accidental (1)

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el: $TOTAL \geq 12$.

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)

ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN		
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN		
Generación de Polvos Finos de Sal	Contaminación del aire	3	2	2	2	1	2	12	SI

Opciones de Producción más limpia	13. Generación de buenas prácticas operativas: Se establecerán instrucciones operacionales e instrucciones ambientales.
Proceso	Todas las áreas
EVALUACIÓN ECONÓMICA	
AHORRO (A)	
<p>Se derrama aproximadamente 30 galones de aceite lubricante mensualmente. El costo promedio de un cilindro de 55 Galones de aceite industrial es S/. 1268. Se puede decir que el galón de aceite industrial cuesta S/. 23.</p>	
Mensualmente se estaría ahorrando:	
Ahorro mensual = S/. 690	
Ahorro anual= S/. 8,280	
INVERSION (I)	
Se elaborará las siguientes instrucciones técnicas y de control operacional, por cada proceso:	
. 03 - Extracción y Cristalización de Salmuera	
. 07 - Lavado	
. 09 - Refinería	
. 08 - Mantenimiento	
. 42 - Laboratorio	
. 06 - Almacén	
Total: 65 instrucciones	

El proceso de elaboración y revisión de estos documentos en promedio demandará 16 horas-hombre, o 2 días-hombre. Se asignaría como responsables al supervisor del proceso y al superintendente.

. Total de Instrucciones	65
. Total de días hombre	130
. Costo de 1 días hombre	100

TOTAL S/. 13,000

Costo de 4 millares de papel bond y de impresión S/ 500

TOTAL : S/ 13,500

Costo de Programa de capacitación técnica y ambiental.

La planta trabaja 2 turnos, para la concientización del personal se está planificando capacitaciones de 3 horas al mes para cada turno, siendo en total 6 horas al mes.

Para una eficaz implementación se está planificando las capacitaciones por 12 meses.

. Total de horas al año	72
. Costo por hora de capacitación	S/. 30

TOTAL S/. 2,160

De ambas acciones el TOTAL DE INVERSIÓN es S/. 15,660

PERIODO DE RECUPERACION (PRI)

PRI = I/A

PRI = 15,660/8,280

PRI = 1.9 años (23 meses)

EVALUACIÓN AMBIENTAL

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUALITATIVO)							
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA				
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMIEDIACION	LA IMAGEN
Derrames de Hidrocarburos (aceite, combustible, grasa)	Contaminación del agua y del suelo	C	M	B	M	A	B

Donde:

SIGNIFICANCIA: B: Baja (1) M: Media (2) A: Alta (3) **FRECUENCIA:** C: Continuo (3) E: Episódico (2) A: Accidental (1)

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el: $TOTAL \geq 12$.

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)									
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN		
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMIEDIACION	LA IMAGEN		
Derrames de Hidrocarburos (aceite, combustible, grasa)	Contaminación del agua y del suelo	3	2	1	2	3	1	12	SI

Opciones de Producción más limpia	14. Reúso y Reciclaje: Se implementará una gestión integral de residuos sólidos aprovechando en comercializar los residuos reusables (aceite usado, plástico, papel, etc.)
Proceso	Todas las áreas

EVALUACIÓN ECONÓMICA**AHORRO (A)**

Durante el periodo 27.01.10 al 30.12.10, la organización ha generado:

<i>Plásticos</i>	19403.65	<i>kg</i>
<i>Papel Mixto</i>	50	<i>kg</i>
<i>Cartón</i>	3558.52	<i>kg</i>
<i>Viruta</i>	556.30	<i>kg</i>
<i>Aceite usado</i>	58	<i>cilindros</i>
<i>Plásticos PET</i>	778.27	<i>kg</i>

Si se comercializa esto residuos, con una EC-RS, se generaría S/. 8293 por la venta.

RESUMEN ACUMULADO Del 27.01.10 al 30.12.10			Balance de Costos	
			<i>Precio S/.</i>	<i>Total</i>
<i>Plásticos</i>	19403.65	<i>kg</i>	0.15	2910.55
<i>Papel Mixto</i>	50	<i>kg</i>	0.17	8.50
<i>Cartón</i>	3558.52	<i>kg</i>	0.05	177.93
<i>Viruta</i>	556.30	<i>kg</i>	0.37	205.83
<i>Aceite usado</i>	58	<i>cilindros</i>	80.0	4640.00
<i>Plásticos PET</i>	778.27	<i>kg</i>	0.45	350.22
			TOTAL	8293

INVERSION (I)

Se necesitará implementar el acondicionamiento y pintado de 132 contenedores de residuos sólidos, de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 900.058-2005. Se reusarán los recipiente existentes.

. Costo unitario de contenedores S/. 50

. Total de contenedores 132

TOTAL INVERSIÓN S/. 6,600

PERIODO DE RECUPERACION (PRI)

PRI = I/A

PRI = 6,600/8,293

PRI = 0.8

EVALUACIÓN AMBIENTAL							
IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUALITATIVO)							
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA				
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN
Generación de Residuos Sólidos	Contaminación del suelo	C	M	M	M	B	M

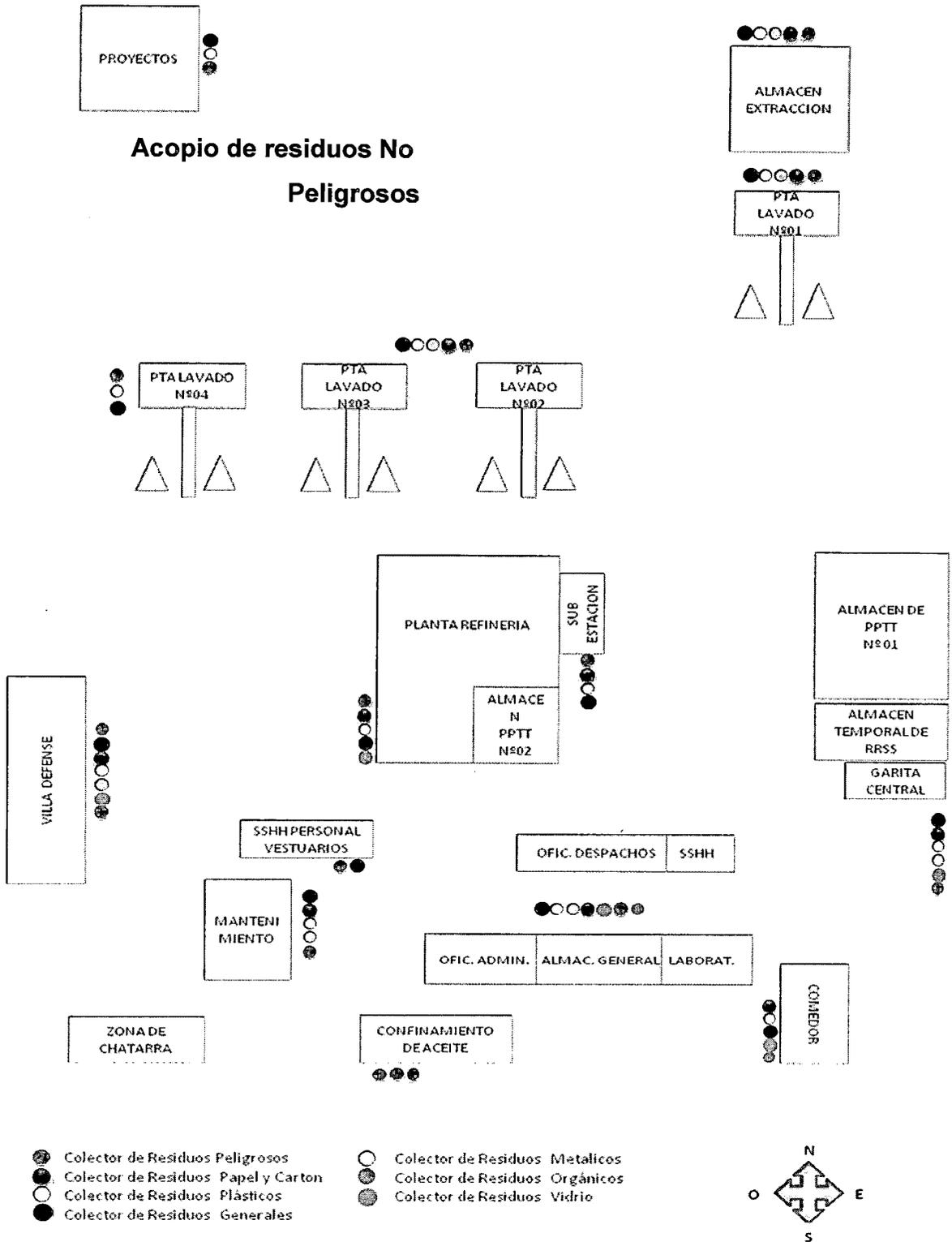
Donde:

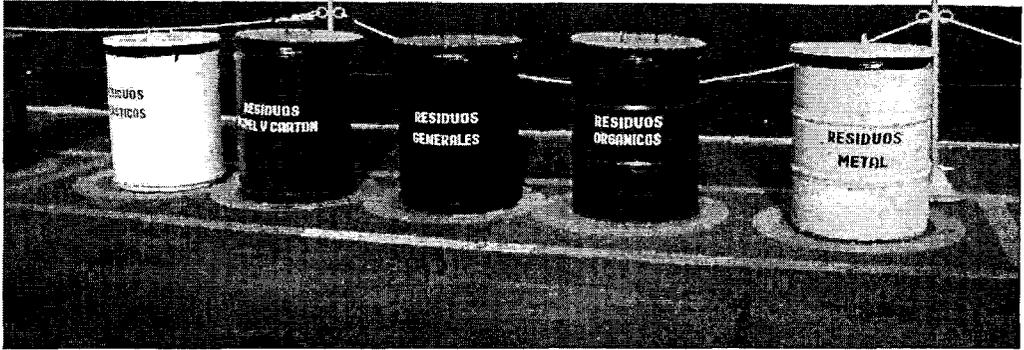
SIGNIFICANCIA:	B: Baja (1)	M: Media (2)	A: Alta (3)	FRECUENCIA:	C: Continuo (3)	E: Episódico (2)	A: Accidental (1)
-----------------------	-------------	--------------	-------------	--------------------	-----------------	------------------	-------------------

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el: $TOTAL \geq 12$.

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)									
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFFECTOS EN		
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN		
Generación de Residuos Sólidos	Contaminación del suelo	3	2	2	2	1	2	12	SI

Plano de Ubicación de Colectores de Residuos





Opciones de Producción más limpia	15. Establecimiento de programa de capacitación técnica y ambiental
Proceso	Todas las áreas
EVALUACIÓN ECONÓMICA	
AHORRO (A)	
Empleados: 15	
Obreros: 26	
Contratas: 56	
INVERSION (I)	
La planta trabaja 2 turnos, para la concientización del personal se está planificando capacitaciones de 3 horas al mes para cada turno, siendo en total 6 horas al mes.	
Para una eficaz implementación se está planificando las capacitaciones por 12 meses.	
. Total de horas al año	72
. Costo por hora de capacitación	S/. 30

TOTAL INVERSIÓN	S/. 2160
<u>PERIODO DE RECUPERACION (PRI)</u>	
<u>PERIODO DE RECUPERACION (PRI)</u>	

EVALUACIÓN AMBIENTAL

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUALITATIVO)							
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA				
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFECTOS EN
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN
Derrames de Hidrocarburos (aceite, combustible, grasa)	Contaminación del agua y del suelo	C	M	B	M	A	B

Donde:

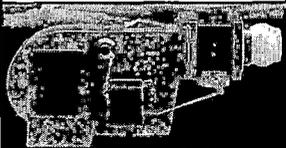
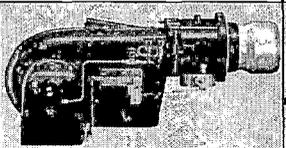
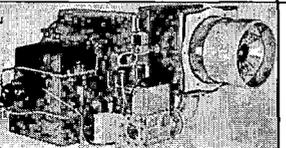
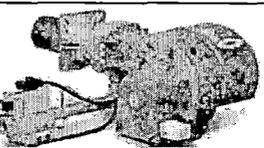
SIGNIFICANCIA: B: Baja (1) M: Media (2) A: Alta (3)	FRECUENCIA: C: Continuo (3) E: Episódico (2) A: Accidental (1)
--	---

Para evaluar la Significancia, se considerará **ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO** si el: $TOTAL \geq 12$.

IDENTIFICACION DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS (METODO CUANTITATIVO)									
ASPECTOS	IMPACTO	FRECUENCIA	CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA					TOTAL	¿SIGNIFICATIVO
			DURACION DEL	MAGNITUD DEL	AFECTACION	COSTO DE	EFECTOS EN		
			IMPACTO	IMPACTO	LEGAL	REMEDIACION	LA IMAGEN		
Derrames de Hidrocarburos (aceite, combustible, grasa)	Contaminación del agua y del suelo	3	2	1	2	3	1	12	SI

ANEXO 4: SELECCIÓN DE QUEMADORES PARA EL SECADOR

TABULACIÓN PROPUESTA TÉCNICA - QUEMADORES

1. PROPUESTA		APROGAS S.A.C. 25/08/2010	APROGAS S.A.C. 02/09/2010	APROGAS S.A.C. 21/09/2010	APROGAS S.A.C. /Gastecnic 28/09/2010
Empresa Proveedora					
Fecha de Cotización					
2. EQUIPO					
Tipo		Quemador	Quemador Dual	Quemador Dual	Quemador GLP & GN
Marca		Weishaupt	Weishaupt	Weishaupt	Baltur
Modelo		G7/1-D ZMD R2"	RGL7/1-D ZMD R2"	RGL30/2-A ZM-NR R2	TBG 210PN
Vista					
Descripción		Quemador automático GN	Quemador automático dual GN - Diesel	Quemador automático dual GN - Diesel con controlador digital de combustión	Quemador de gases automático GLP & GN con llama modulante
3. CARACTERÍSTICAS QUEMADOR					
Capacidad Térmica		1500	1500	1500	-
MMBTU/hr		5.12	5.12	5.12	-
Rango de Operación		300 hasta 1.750	300 hasta 1.750	300 hasta 2.300	400 hasta 2.100
Regulación de Potencia		Modulante	Modulante	Modulante	Modulante
Combustible -Operación					
Gas Natural		9.000 kcal/Nm ³ - 2,0 bar	9.000 kcal/Nm ³ - 2,0 bar	9.000 kcal/Nm ³ - 2,0 bar	0,7 bar
Diesel		-	10.200 kcal/kg -0,4 a 0.5 bar	10.200 kcal/kg -0,4 a 0.5 bar	-
Consumo Gas Natural		143	143	143	211
Consumo Diesel		-	127	127	-
Tensión del motor		380 V - 3Ø + N - 60 Hz	380 V - 3Ø + N - 60 Hz	380 V - 3Ø + N - 60 Hz	400 V - 3Ø + N - 60 Hz
Tensión de mando		220 V - 60 Hz	220 V - 60 Hz	220 V - 60 Hz	-
Protección de armario de mando		IP54	IP54	IP54	IP55
Norma de Fabricación					
Para gases		EN 267	DIN-EN 676, EN 267	DIN-EN 676, EN 267	DIN-EN 676, EN 298
Para líquidos		-	DIN 4787	DIN 4787	-
Plazo de entrega		75 días	75	75-90	05-06
Garantía		12 meses	12	12	-
Flete Export - Perú		No Incluye	No Incluye	No Incluye	Incluye
4. INVERSIÓN					
Quemador*		US\$ 24,656.00	34,706.00	45,024.00	27,500.00
Montaje Quemador**		US\$ 4,200.00	4,200.00	4,200.00	0.00
COSTO TOTAL		US\$ 28,856.00	38,906.00	49,224.00	27,500.00

ANEXO 04: INFORME DE AUDITORIA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Departamento a ser auditado	Planta Refinería de Sal - Salinas de Huacho	Fecha:	2010
Audidores:	- Lidio Maeck Marticorena Cerrón - Renzo Enrique Carrasco Pazos	Empleados Presentes	
Empleados en actividad normal:		SI: X	NO
Objetivo de la Auditoría:	- Evaluar la conformidad de la gestión de la organización respecto a los criterios de auditoría.		
Criterio de la Auditoría:	- GP 900.200:2007 Guía para la implementación de Producción más Limpia. - Normativa Ambiental aplicable. - Políticas, Manuales, Procedimientos de la Organización.		
Documentos Revisados:			
<ul style="list-style-type: none"> - Plano general de la Organización - Organigrama - Manual de procesos. - Especificaciones de Productos - Recibos de consumo de agua, energía, combustible - Estudio de Impacto Ambiental 			
HALLAZGOS:			
1 AGUA			
1.1 Al estar la Planta Refinería de Sal en una zona desértica, el abastecimiento de agua se realiza mediante compra directa de agua potable a la Empresa Municipal de agua potable y alcantarillado EPS EMAPA Huacho S.A.			
2 EMISIONES			
Se evidencian emisiones atmosféricas en los siguientes puntos:			
2.1 Las emisiones de gases de combustión provenientes del secador de la refinería de sal.			
2.2 Las emisiones de material particulado (principalmente sal) proveniente del secador de la refinería de sal.			
2.3 Las emisiones de gases de combustión y de material particulado provenientes de las unidades de transporte (cargadores, camiones, camionetas, etc.) que circulan en el área de emplazamiento de Las Salinas Huacho.			
3 ENERGÍA			
3.1 Las áreas de mayor consumo de energía eléctrica son las Plantas de Lavado y la Planta de Refinería. El consumo de energía eléctrica en ambas plantas se debe principalmente por los motores eléctricos de los equipos (bombas, fajas transportadoras, molinos, etc.) y el alumbrado			

de las instalaciones.

3.2 El combustible diesel (B2) es usado principalmente para el funcionamiento de compresoras y motobombas en el área de Cristalización y del Secador rotatorio de la Planta Refinería. También es el combustible de las maquinarias pesadas (unidades móviles) que trabajan constantemente en todas las áreas de la Planta.

4 RESIDUOS SÓLIDOS

4.1 Los residuos sólidos generados por la operación de Las Salinas están constituidos principalmente por:

- Sólidos de las pozas de sedimentación de la planta de lavado.
- Bolsas vacías por fallas en el envasado.
- Chatarra, piezas de metal en desuso.
- Envases vacíos de pintura.
- Aceites usados, del área de mantenimiento.
- Trapo industrial usado: Contienen normalmente grasa o aceite
- Residuos de limpieza de las instalaciones.
- Residuos de oficina (papelería)
- Residuos de baños
- Residuos del comedor

5 MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO

5.1 Mayor consumo de energía para la organización si la Sal lavada entra al secador con alta humedad.

6 EFLUENTE

6.1 En la etapa de Cristalización, se presentan salmuera de alta concentración con alto contenido de magnesio. Por su alto contenido de magnesio de esta solución ya no se puede obtener sal (cloruro de sodio) pues se cristalizarían también sales de magnesio lo cual perjudica la calidad del producto.

CONCLUSIONES:

De la auditoría de producción más limpia, se puede observar que en las tres principales áreas de producción cosecha - extracción, lavado y refinación, no hay un adecuado control operacional con respecto al uso de los recursos, destacando principalmente el combustible.

Esto se debe principalmente a:

- Falta de buenas prácticas operativas.
- Falta de especificación de Procesos y Estandarización.
- Falta de capacitación técnica y ambiental.
- Tecnología Obsoleta.

ANEXO 05: ECOMAPA

