



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“ESTUDIO SOBRE EL USO DEL AGUA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS  
DE LA CORPORACION ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A., PLANTA  
LATACUNGA, PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

**Autor:**

Armas Sigcha Milton Enrique

**Tutor:**

Ing. MSc. Bladimiro Hernán Navas Olmedo

Latacunga – Ecuador

Agosto – 2018



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **ARMAS SIGCHA MILTON ENRIQUE** declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“ESTUDIO SOBRE EL USO DEL AGUA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A., PLANTA LATACUNGA, PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE”**, siendo el **Ingeniero MSc. BLADIMIRO HERNÁN NAVAS OLMEDO** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI** y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



---

Armas Sigcha Milton Enrique

C.C. 172308499-0



## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“ESTUDIO SOBRE EL USO DEL AGUA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A., PLANTA LATACUNGA, PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE”**, de **ARMAS SIGCHA MILTON ENRIQUE** de la carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, julio 2018

Ing. Mg. Bladimiro Hernán Navas Olmedo

C.C. 050069554-9



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**; por cuanto, el postulante: **ARMAS SIGCHA MILTON ENRIQUE** con el título de Proyecto de Titulación: **“ESTUDIO SOBRE EL USO DEL AGUA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A., PLANTA LATACUNGA, PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE”** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, julio 2018

Para constancia firman:

**Lector 1 (presidente)**

Ing. Mg. Cristian Xavier Espín Beltrán

C.C. 050226936-8

**Lector 2**

Ing. Mg. Edison Patricio Salazar Cueva

C.C. 050184317 - 1

**Lector 3**

Ing. Mg. Lilia Cervantes Rodríguez

C.C. 175727437-6



**AVAL EMPRESA CEDAL S.A. PLANTA LATACUNGA  
CERTIFICADO**

Latacunga, 26 de julio de 2018

Quien suscribe, Ingeniero Martin Burbano F., en calidad de gerente de la Empresa CEDAL SA., Planta Latacunga, CERTIFICO que el Sr. Armas Sigcha Milton Enrique con C.C. 172308499-0 realizó en las instalaciones de la empresa el proyecto de investigación titulado: **“ESTUDIO SOBRE EL USO DEL AGUA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A., PLANTA LATACUNGA, PARA SU AHORRO Y USO EFICIENTE”**. En la ejecución de dicho proyecto el Sr. Enrique Armas demostró habilidades y conocimientos en su especialidad, así también generó resultados en su proyecto, que le serán de gran utilidad a la empresa por cuanto se enfocó a solucionar problemas inherentes al uso del agua en los procesos productivos de la planta.

Durante su estadía el Señor en mención se hizo acreedor de nuestra confianza por la responsabilidad, honestidad y don de gentes demostrado. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, el interesado puede hacer uso de este documento en forma que estime conveniente.

Atentamente.

---

Ing. Martin Burbano F.

**GERENTE DE PLANTA**

*Disciplina, humildad e integridad.*

## **AGRADECIMIENTO**

Por la bendición recibida y la dicha de poder materializarme en este mundo,  
a tí mi Dios padre que has permanecido en las tempestades y alegrías de mi alma.  
A mis amados padres que han forjado en mí, cual espada de herrero para la batalla.  
Mi familia que ha sido el soporte de mis días tristes y el coraje de mis metas firmes.  
Mis maestros queridos que sin temor a ofrecer su ayuda confiaron en mí, de manera  
profunda mi agradecimiento a mi tutor de tesis por su apoyo incondicional.

A la empresa CEDAL S.A., por la apertura y facilidades brindadas.

Amigos y conocidos que se han ganado mi respeto.

***Milton E. Armas S.***

*No basta con respirar, el hecho está en trascender.*

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso, mis amados padres,  
mi familia y la ciencia.

***Milton E. Armas S.***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL EMPRESA CEDAL S.A. PLANTA LATACUNGA .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL. ....	1
1.1. Título del Proyecto: .....	1
1.2. Fecha de inicio:.....	1
1.3. Fecha de finalización: .....	1
1.4. Lugar de ejecución:.....	1
1.5. Unidad Académica que auspicia:.....	1
1.6. Carrera que auspicia: .....	1
1.7. Equipo de Trabajo: .....	1
1.8. Área de Conocimiento: .....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO. ....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO. ....	3
3.1. Beneficiarios directos del proyecto. ....	3
3.2. Beneficiarios Indirectos:.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN: .....	3
4.1. Problema. ....	4
5. OBJETIVOS:.....	4
5.1. General.....	4
5.2. Específicos:.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
7.1. Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A.....	8
7.2. Planta CEDAL Latacunga. ....	9
7.2.1. Fundición. ....	9
7.2.2. Extrusión.....	9
7.2.3. Anodizado.....	9



7.2.4. Pintura Electrostática.....	9
7.2.5. Empaque y Despacho.....	9
7.2.6. Matricería.....	9
7.2.7. Planta de Tratamiento.....	10
7.3. El agua un recurso esencial.....	10
7.4. Marco legal ecuatoriano.....	11
7.5. Ciclo del agua.....	12
7.6. Fuentes de agua.....	13
7.6.1. Agua superficial.....	13
7.6.2. Agua subterránea.....	13
7.7. Tipos de agua.....	13
7.7.1. Agua destilada.....	13
7.7.2. Agua dulce.....	14
7.7.3. Agua salada.....	14
7.7.4. Agua salobre.....	14
7.7.5. Agua dura.....	14
7.7.6. Agua blanda.....	14
7.8. Características físicas del agua.....	14
7.8.1. Color.....	14
7.8.2. Olor.....	14
7.8.3. Turbidez.....	15
7.8.4. Temperatura.....	15
7.8.5. Sólidos.....	15
7.8.6. Conductividad.....	16
7.9. Características químicas del agua.....	16
7.9.1. pH.....	16
7.9.2. Acidez.....	16
7.9.3. Alcalinidad.....	16
7.9.4. Dureza.....	17
7.9.5. Materia orgánica.....	17
7.10. Disponibilidad de agua en el planeta.....	18
7.11. Disponibilidad de agua en el Ecuador.....	20
7.11.1. Recursos Hídricos Superficiales.....	21
7.11.2. Recursos Hídricos Subterráneos.....	21
7.12. Usos de agua en el Ecuador.....	21

7.13. Uso del agua en la empresa productora de aluminio CEDAL S.A. planta Latacunga. ....	22
7.14. Extracción tratamiento y distribución de aguas subterráneas. ....	22
7.14.1. Extracción de aguas subterráneas. ....	22
7.14.2. Tratamientos efectuados en aguas subterráneas. ....	23
7.14.3. Sistemas de distribución de agua. ....	30
7.15. Eficiencia en el uso del recurso hídrico en los procesos productivos.....	42
7.16. Modelos utilizados para el ahorro y uso eficiente del agua. ....	43
7.16.1. Uso eficiente del agua en el proceso productivo. ....	43
7.17. Herramientas para el ahorro y uso eficiente de agua. ....	46
7.17.1. Método de aforamiento volumétrico. ....	46
7.17.2. Medidor ultrasónico TDS-100H. ....	46
7.17.3. Diagramas de procesos Industriales.....	47
8. HIPÓTESIS.. ....	52
8.1. V. independiente. ....	52
8.2. V. dependiente. ....	52
9. METODOLOGÍAS: ....	52
9.1. Métodos de investigación. ....	52
9.1.1. Método hipotético-deductivo.....	52
9.1.2. Método inductivo-deductivo.....	52
9.1.3. Método de investigación cuantitativa. ....	52
9.2. Tipos de investigación. ....	53
9.2.1. Investigación de campo. ....	53
9.2.2. Investigación descriptiva. ....	53
9.2.3. Investigación explicativa. ....	53
9.3. Técnicas de investigación. ....	53
9.3.1. Observación. ....	53
9.3.2. Encuesta. ....	53
9.4. Herramientas estadísticas.....	54
9.4.1. Media.....	54
9.4.2. Varianza. ....	54
9.4.3. Desviación estándar. ....	54
9.4.4. Coeficiente de variación. ....	54
9.4.5. Muestra poblacional.....	54
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. ....	54
10.1. Situación actual de la planta. ....	54

10.1.1. Visita in situ y recorrido por todos los procesos productivos de la planta. ....	54
10.1.2. Aplicación de encuestas al personal directivo, técnico y colaboradores. ....	56
10.1.3. Diagramas de flujo de procesos del sistema de tuberías de toda la planta. ....	66
10.2. Cálculo de los balances de agua en las fases de extracción, tratamiento y distribución. ....	71
10.2.1. Selección de zonas estratégicas para la medición.....	71
10.2.2. Medición directa e indirecta de caudales.....	73
10.2.3. Balance de agua inicial a partir del uso de registros diarios.....	89
10.3. Sistema de acciones de mejora para el ahorro y uso eficiente del agua. ....	99
10.3.1. Selección de las acciones de mejora a proponer.....	99
10.3.2. Análisis de los beneficios a obtener producto del sistema de acción de mejoras.....	104
10.3.3. Evaluación y control del sistema de acción de mejoras implementado.....	109
10.3.4. Realización del balance de agua final a partir del uso de registros diarios. ....	115
10.4. Comprobación de la hipótesis.....	119
11. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO.....	120
11.1. Impactos Económicos.....	120
11.2. Impactos Técnicos. ....	120
11.3. Impactos Ambientales. ....	120
11.4. Impactos Sociales. ....	120
12. VALORACIÓN ECONÓMICA:.....	121
12.1. Presupuesto para la ejecución del proyecto. ....	121
12.2. Periodo de recuperación de la inversión.....	121
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: ....	123
13.1. Conclusiones:.....	123
13.2. Recomendaciones: ....	124
14. BIBLIOGRAFÍA: ....	125
15. ANEXOS.....	130
15.1. Anexo 1: Cuestionario de preguntas utilizado, para la realización de encuestas. ....	130
15.2. Anexo 2: Diagramas de bloques por etapas del sistema de aguas de la planta. ....	131
15.3. Anexo 3: Tablas de registros diarios de caudales por cada punto de medición. ....	145
15.4. Anexo 4: Elementos del sistema de extracción, tratamiento y distribución de agua.....	172
15.5. Anexo 5: Instructivo de uso del medidor ultrasónico de causal TDS-100H. ....	185
15.6. Anexo 6: Diagrama de flujo de procesos de toda la planta.. ....	191

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Logotipo de la empresa CEDAL S.A.....	8
Figura 2: Ubicación planta Cedal S.A. Latacunga.....	10
Figura 3: Entes de regulación y control del agua en Ecuador. ....	12
Figura 4: Ciclo del agua.....	13
Figura 5: Disponibilidad y uso de agua en el planeta. ....	19
Figura 6: Participación porcentual de aguas superficiales vs. subterráneas en Ecuador. ....	20
Figura 7: Composición porcentual de los recursos hídricos totales por región. ....	20
Figura 8: Distribución de los usos consuntivos en el Ecuador. ....	21
Figura 9: Ciclo de agua subterránea. ....	23
Figura 10: Decantación por gravedad.....	24
Figura 11: Filtro de arena vertical.....	24
Figura 12: Ablandador de intercambio iónico. ....	26
Figura 13: Módulo de ósmosis inversa. ....	27
Figura 14: Módulos de fibras huecas.....	29
Figura 15: Filtro pulidor. ....	29
Figura 16: Equipo Alutronic, recuperación de ácido sulfúrico en anodizado. ....	33
Figura 17: Caldera Cleaver-Brooks, de cuatro pasos, piro-tubular.....	34
Figura 18: Filtro prensa de placas y marco.....	35
Figura 19: Intercambiador de calor de tubos y coraza.....	36
Figura 20: Serpentina de calentamiento. ....	36
Figura 21: Chiller industrial.....	37
Figura 22: Intercambiador de calor de placas.....	37
Figura 23: Torre de rociado vertical. ....	39
Figura 24: Torre de rociado hiperbólico o chimenea.....	39
Figura 25: Torre de tiro forzado en contraflujo. ....	40
Figura 26: Torre de tiro inducido en flujo cruzado con doble entrada. ....	40
Figura 27: Torre de tiro inducido en flujo cruzado con entrada de aire sencilla. ....	40
Figura 28: Torre de tiro inducido en contra flujo. ....	41
Figura 29: Torre de flujo cruzado cerrada. ....	41
Figura 30: Torre de flujo cruzado abierta. ....	42
Figura 31: Filtro de anillas.....	42
Figura 32: Medidor ultrasónico TDS-100H.....	47
Figura 33: Diagrama de flujo de bloque. ....	48
Figura 34: Diagrama de flujo de proceso.....	49
Figura 35: Diagrama de Pareto de primer nivel.....	49
Figura 36: Diagrama causa-efecto. ....	50
Figura 37: Ejemplo de una matriz de criterios o de priorización.....	51
Figura 38: Estadística gráfica, pregunta 1. ....	57
Figura 39: Estadística gráfica, pregunta 2. ....	58
Figura 40: Estadística gráfica, pregunta 3. ....	59
Figura 41: Estadística gráfica, pregunta 4. ....	60
Figura 42: Estadística gráfica, pregunta 5. ....	60
Figura 43: Estadística gráfica, pregunta 6. ....	61
Figura 44: Estadística gráfica, pregunta 7. ....	62

Figura 45: Estadística gráfica, pregunta 8. ....	63
Figura 46: Estadística gráfica, pregunta 9. ....	63
Figura 47: Estadística gráfica, pregunta 10. ....	64
Figura 48: Registros de caudales del Pozo N.º 1, con medidor ultrasónico. ....	74
Figura 49: Registros de caudales del Pozo N.º 1, con contador de agua. ....	74
Figura 50: Registros de caudales en filtro de arena, con medidor ultrasónico. ....	75
Figura 51: Ingreso, producción y rechazo de agua en ablandadores. ....	76
Figura 52: Ingreso, producción y desecho de agua en OI grande. ....	77
Figura 53: Ingreso, producción y desecho de agua en OI pequeña. ....	77
Figura 54: Aforamiento volumétrico de la bomba que ingresa al proceso de fundición. ....	78
Figura 55: Aforamiento en bombas que ingresan a la torre de enfriamiento N.º 1 ....	79
Figura 56: Pérdidas de agua ablandada en el proceso de fundición. ....	79
Figura 57: Ingreso de agua al área de fundición registradas con contador de agua. ....	80
Figura 58: Caudales de prensas 1, con medidor ultrasónico. ....	81
Figura 59: Caudales de prensas 2, con medidor ultrasónico. ....	81
Figura 60: Caudales en intercambiadores de calor, con medidor ultrasónico. ....	82
Figura 61: Caudales en la caldera de vapor N.º 1, con aforamiento volumétrico. ....	82
Figura 62: Pérdidas en tinas de anodizado por tipo de agua. ....	83
Figura 63: Pérdida en tinas de anodizado de acuerdo a su origen. ....	84
Figura 64: Caudales en extractor de vapor de soda, con aforamientos volumétricos. ....	84
Figura 65: Caudales diarios del equipo Alutronic, con aforamientos volumétricos. ....	85
Figura 66: Caudales para el equipo de rectificación de voltaje, con medidor ultrasónico. ....	85
Figura 67: Registro de pérdidas de agua en pintura por rebose, con medidor ultrasónico. ....	86
Figura 68: Pérdidas de agua en elementos de volumen y frecuencia conocida. ....	88
Figura 69: Uso de agua subterránea en la planta Cedal S.A. ....	95
Figura 70: Uso de agua potable en la planta Cedal S.A. ....	96
Figura 71: Usos de agua diario por cada área. ....	96
Figura 72: Costo mensual de agua por cada área. ....	97
Figura 73: Costos por fugas o procesos subutilizados. ....	98
Figura 74: Diagrama de pareto para detectar consumos potenciales. ....	100
Figura 75: Diagrama de Ishikawa para evidenciar problemas. ....	100
Figura 76: Filtro de arena vertical sin fugas de agua. ....	110
Figura 77: Instalación de tubería de agua ablandada en tanque de soda caustica. ....	111
Figura 78: Tanque de dosificación de soda caustica de anodizado. ....	111
Figura 79: Membranas semipermeables a ser cambiadas en los sistemas de OI. ....	112
Figura 80: Cambio de membranas en los equipos de OI grande y pequeño. ....	112
Figura 81: SemafORIZACIÓN de las cisternas de almacenamiento de agua primera etapa. ....	113
Figura 82: SemafORIZACIÓN de las cisternas de almacenamiento de agua segunda etapa. ....	113
Figura 83: Equipo ultrasónico de medición de caudales registro in situ. ....	114
Figura 84: Variación de rechazos por picados negros. ....	118
Figura 85: Diagrama de bloques en la extracción y tratamiento de aguas subterráneas. ....	131
Figura 86: Diagrama de bloques en la fase de almacenamiento y distribución. ....	132
Figura 87: Diagrama de bloques del área de fundición y tanques de GLP. ....	133
Figura 88: Diagrama de proceso del área de pintura. ....	134
Figura 89: Diagrama de bloques de los calderos de vapor y equipo Alutronic. ....	135
Figura 90: Diagrama de bloques, prensa norte, intercambiadores y extractores. ....	136

Figura 91: Diagrama de bloques, rectificadores de voltaje y filtros de anodizado.....	137
Figura 92: Diagrama de bloques de las tinas 1 a la 10 de anodizado. ....	138
Figura 93: Diagrama de bloques de las tinas 11 a la 19 de anodizado. ....	139
Figura 94: Diagrama de bloques de las tinas 20 a la 25 de anodizado. ....	140
Figura 95: Diagrama de bloques de la prensa N° 1.....	141
Figura 96: Diagrama de bloques, prensa N° 2 y tanque de combustible. ....	142
Figura 97: Diagrama de bloques de matricería. ....	143
Figura 98: Diagrama de bloques de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	144
Figura 99: Pozo subterráneo N ° 1. ....	172
Figura 100: Proceso de decantación de agua subterránea.....	172
Figura 101: Filtro de arena.....	172
Figura 102: Ablandadores de agua. ....	172
Figura 103: Tanques de salmuera. ....	172
Figura 104: Sistema de ósmosis inversa grande. ....	172
Figura 105: Sistema de ósmosis inversa pequeña.....	173
Figura 106: Cisterna N ° 1 de almacenamiento de agua ablandada. ....	173
Figura 107: Cisterna N ° 2 decantación de agua dura. ....	173
Figura 108: Cisterna N ° 3 de almacenamiento de agua dura decantada. ....	173
Figura 109: Cisterna N ° 4 de almacenamiento de agua ablandada. ....	173
Figura 110: Cisterna N ° 5 de almacenamiento de agua ablandada para el chiller. ....	173
Figura 111: Cisterna N ° 6 de almacenamiento de agua ablandada. ....	174
Figura 112: Cisterna N ° 7 de almacenamiento de agua osmotizada. ....	174
Figura 113: Torre de enfriamiento de agua ablandada. ....	174
Figura 114: Chiller de enfriamiento de agua. ....	174
Figura 115: Ducha de emergencia del tanque de ácido en las cisternas de agua.....	174
Figura 116: Tanque dosificador de Sosa Cáustica.....	174
Figura 117: Caldera de generación de vapor N ° 1 .....	175
Figura 118: Caldera de generación de vapor N ° 2.....	175
Figura 119: Tanque de condensado. ....	175
Figura 120: Distribuidor de vapor. ....	175
Figura 121: Purga de condensados de la tina N °1 de anodizado. ....	175
Figura 122: Equipo Alutronic de recuperación de ácido. ....	175
Figura 123: Purga de condensados de la tina N °3 de anodizado. ....	176
Figura 124: Intercambiadores de calor de anodizado. ....	176
Figura 125: Ducha de emergencia del filtro prensa de anodizado.....	176
Figura 126: Filtro prensa para compactación de lodos en anodizado.....	176
Figura 127: Almacenamiento de lodos. ....	176
Figura 128: Extractor de vapor de la tina N °3 de AE. ....	176
Figura 129: Extractor de vapor de la tina N ° 5 de soda caustica. ....	177
Figura 130: Blowers, generación de aire. ....	177
Figura 131: Purga de condensados de la tina N °5 de anodizado. ....	177
Figura 132: Rectificadores de voltaje. ....	177
Figura 133: Purga de condensados de la tina N ° 23 de anodizado. ....	177
Figura 134: Purga de condensados de la tina N ° 24 de anodizado. ....	177
Figura 135: Purga de condensados de la tina N ° 25 de anodizado. ....	178
Figura 136: Filtros para soluciones ácidas de anodizado. ....	178

Figura 137: Baños del proceso de anodizado. ....	178
Figura 138: Serpentín, calentamiento del agua en las tinas de anodizado.....	178
Figura 139: Tina para baños de AE. ....	178
Figura 140: Tina para baños de soda caustica. ....	178
Figura 141: Anodizado electrolítico. ....	179
Figura 142: Perfiles anodizados.....	179
Figura 143: Pérdidas de agua por purgas en tinas del proceso de anodizado.....	179
Figura 144: Pérdidas de agua por rebose en tinas del proceso de anodizado. ....	179
Figura 145: Tanque de AE en anodizado.....	179
Figura 146: Ducha de emergencia del área de anodizado. ....	179
Figura 147: Área de empaque.....	180
Figura 148: Área de almacenamiento de producto terminado.....	180
Figura 149: Tinas para baños del área de pintura. ....	180
Figura 150: Prensa de extrusión N ° 1. ....	180
Figura 151: Estiradora prensa N ° 1.....	180
Figura 152: Prensa de extrusión N ° 2. ....	180
Figura 153: Estiradora prensa N ° 2.....	181
Figura 154: Tinas de cocción y enjuague en matricería. ....	181
Figura 155: Ducha de emergencia en matricería. ....	181
Figura 156: Prensa hidráulica en matricería. ....	181
Figura 157: Preparación de soda para planta de tratamiento. ....	181
Figura 158: Sistema contra incendios para los tanques de combustible.....	181
Figura 159: Cuarto de bombas.....	182
Figura 160: Sistema contra incendios tanques GLP. ....	182
Figura 161: Ducha de emergencia de tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico. ....	182
Figura 162: Proceso de conformación de lingotes en fundición.....	182
Figura 163: Cisterna de almacenamiento de agua en fundición. ....	182
Figura 164: Torre de enfriamiento N ° 1 en fundición.....	182
Figura 165: Torre de enfriamiento N ° 2 en fundición.....	183
Figura 166: Tochos de aluminio. ....	183
Figura 167: Tanques de soda caustica de la planta de tratamiento. ....	183
Figura 168: Tanques de polímero de la planta de tratamiento.....	183
Figura 169: Floculador en planta de tratamiento. ....	183
Figura 170: Sedimentador de agua en planta de tratamiento.....	183
Figura 171: Filtro prensa para compactación de lodos en la planta de tratamiento.....	184
Figura 172: Ducha de emergencia de la planta de tratamiento.....	184
Figura 173: Aforamiento volumétrico para sistemas de tuberías abiertas.....	184
Figura 174: Medidor de caudal ultrasónico TDS-100H, medición en tuberías cerradas...	184

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios directos: .....	3
Tabla 2: Actividades a realizar, técnicas e instrumentos usados y resultados esperados. ....	6
Tabla 3: Índices de dureza del agua. ....	17
Tabla 4: Membranas de acetato espirales y de poliamida de fibras huecas.....	28
Tabla 5: Resultados tabulados, pregunta 1. ....	57
Tabla 6: Resultados tabulados, pregunta 2. ....	58
Tabla 7: Resultados tabulados, pregunta 3. ....	59
Tabla 8: Resultados tabulados, pregunta 4. ....	59
Tabla 9: Resultados tabulados, pregunta 5. ....	60
Tabla 10: Resultados tabulados, pregunta 6. ....	61
Tabla 11: Resultados tabulados, pregunta 7. ....	62
Tabla 12: Resultados tabulados, pregunta 8. ....	62
Tabla 13: Resultados tabulados, pregunta 9. ....	63
Tabla 14: Resultados tabulados, pregunta 10. ....	64
Tabla 15: Resultados relativos de la encuesta. ....	65
Tabla 16: Zonas estratégicas seleccionadas para la medición de caudales.....	71
Tabla 17: Zonas de medición para elementos de volumen y frecuencia conocida. ....	73
Tabla 18: Balance de uso de agua inicial en los procesos productivos de la empresa. ....	89
Tabla 19: Costos estimados de acuerdo al tipo de agua. ....	98
Tabla 20: Listado de acciones de mejora, en base a los problemas más recurrentes.....	101
Tabla 21: Matriz de priorización para determinar las acciones de mejora a proponer. ....	102
Tabla 22: Valoración y criterio de puntuación de las acciones implementar. ....	103
Tabla 23: Acciones de mejora a implementar. ....	104
Tabla 24: Costo por fugas en el filtro de arena. ....	104
Tabla 25: Costo por uso de agua potable o ablandada en el tanque de soda. ....	105
Tabla 26: Costo por desechar agua en los procesos de OI grade y pequeña. ....	106
Tabla 27: Beneficios cuantificables esperados. ....	108
Tabla 28: Beneficios no cuantificables esperados. ....	109
Tabla 29: Cronograma de cumplimiento del sistema de acción de mejoras.....	109
Tabla 30: Balance de uso de agua final en los procesos productivos de la empresa. ....	115
Tabla 31: Presupuesto estimado para la elaboración del proyecto. ....	121
Tabla 32: Registros de caudales del Pozo N.º 1 con medidor ultrasónico.....	145
Tabla 33: Registros de caudales del Pozo N.º 1 con contador de agua. ....	146
Tabla 34: Registros de caudales en filtro de arena con medidor ultrasónico. ....	147
Tabla 35: Ciclos de funcionamiento de los ablandadores.....	149
Tabla 36: Producción de los equipos de ablandamiento. ....	151
Tabla 37: Producción de los equipos de OI grande y pequeña. ....	153
Tabla 38: Aforamiento en bomba que ingresa al proceso de fundición. ....	155
Tabla 39: Aforamiento en bombas que ingresan a la torre de enfriamiento N.º 1.....	155
Tabla 40: Pérdidas de agua ablandada en el proceso de fundición. ....	156
Tabla 41: Ingreso de agua al área de fundición registradas con contador de agua. ....	157
Tabla 42: Registros de caudales de prensas 1 y 2, con medidor ultrasónico. ....	159
Tabla 43: Registros de caudales en intercambiadores de calor de anodizado. ....	160
Tabla 44: Registros de caudales en la caldera de vapor N.º 1. ....	161



Tabla 45: Registros de caudales en tinas de anodizado, con aforamientos volumétricos. ....	162
Tabla 46: Registros de caudales para el extractor de vapor de la tina de soda caustica. ...	164
Tabla 47: Registros de caudales para el equipo de recuperación de ácido. ....	165
Tabla 48: Registros de caudales para el equipo de rectificación de voltaje.....	166
Tabla 49: Registros de caudales en el tanque de dosificación de soda caustica. ....	167
Tabla 50: Registros de caudales en el tanque de dosificación de AE. ....	167
Tabla 51: Registro de caudales en las tinas de cocción y enjugue de matricería. ....	168
Tabla 52: Registro de caudales en los tanques de soda de la planta de tratamiento. ....	169
Tabla 53: Registro de caudales en los tanques de polímero de la planta de tratamiento...	170
Tabla 54: Registro de caudales de agua osmotizada en pintura. ....	170

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de caudal por el método de aforamiento volumétrico. ....	46
Ecuación 2: Cálculo del tamaño de la muestra para poblaciones finitas. ....	56
Ecuación 3: Periodo de recuperación de la inversión proyectado. ....	121

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “ESTUDIO SOBRE EL USO DEL AGUA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A., PLANTA LATACUNGA, PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE”.

**Autor:** Armas Sigcha Milton Enrique

### RESUMEN

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga, como parte de su política de crecimiento y mejora continua, enmarcados en la calidad de sus productos, aprovechamiento de sus recursos, cuidado y protección del medio ambiente, ve la necesidad de realizar el estudio sobre el uso de agua en sus procesos productivos para lograr el ahorro y uso eficiente. La determinación del uso de agua en cada etapa comprendida por la extracción, tratamiento y distribución permite reducir pérdidas existentes, conocer zonas de mayor consumo, evidenciar el estado actual del sistema de distribución y la eficiencia con la que trabajan los equipos y elementos que conforman el sistema. Se realiza en primera instancia el diagnóstico del sistema de tuberías a través del diagrama de bloques por etapas y el diagrama de flujo de procesos, permitiendo la selección de las zonas estratégicas para la medición de caudales, tanto en zonas de descarga abiertas a través del método de aforamiento volumétrico, como en las zonas de descarga cerradas con la ayuda del medidor de caudal ultrasónico TDS 100-H y el uso de contadores de agua. De las mediciones efectuadas en el sistema de abastecimiento, se realiza el balance inicial de uso de agua de toda la planta, para establecer consumos potenciales, pérdidas y usos ineficientes, que conlleven a la implementación de un sistema de acción de mejoras para el ahorro y uso eficiente del agua. Previo a la implementación del sistema de acción de mejoras, se analiza su viabilidad técnica, financiera, ambiental, institucional, en relación a los beneficios netos esperados. La evaluación y el control del sistema efectuado se realiza en base al cronograma establecido, para llevar a efecto el balance actual de uso de agua, y evidenciar el cumplimiento de los objetivos trazados para este trabajo, reflejados en ahorros económicos para la empresa.

**Palabras claves:** Sistema de acción de mejoras, ahorro y uso eficiente del agua, medidor ultrasónico, aforamiento volumétrico.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF SCIENCES AND APPLIED ENGINEERING

**TITLE:** "STUDY ON THE USE OF WATER IN THE PRODUCTIVE PROCESSES OF THE ECUADORIAN CORPORATION OF ALUMINIO CEDAL S.A., ENTERPRISE LATACUNGA, FOR SAVING AND EFFICIENT USAGE"

**Author:** Armas Sigcha Milton Enrique

### ABSTRACT

The Ecuadorian Aluminum Corporation CEDAL SA, enterprise Latacunga, as part of its policy of growth and continuous improvement, framed in the quality of its products, use of its resources, care and protection of the environment, sees the need to conduct the study on the use of water in their productive processes to achieve savings and efficient use. The determination of the use of water in each stage comprised by extraction, treatment and distribution allows to reduce existing losses, to know areas of greater consumption, to demonstrate the current state of the distribution system and the efficiency with which the equipment and elements that make up the system.

The diagnosis of the pipe system has been carrying out in the first instance through the process diagram and the pipe flow diagram. It allows, the selection of the strategic zones for the measurement of flows, both in open discharge zones through the appraisal method volumetric, as in the discharge areas closed with the help of ultrasonic flow meter TDS 100-H and the use of water meters. From measurements made in the supply system, the initial balance of water use of the whole plant is made to establish potential consumption, losses and inefficient uses, which lead to the implementation of an action system of improvements for saving and efficient use of water. Before the implementation of the improvement action system, its technical, financial, environmental and institutional viability is analyzed in relation to the expected net benefits. The evaluation and control of the system carried out is based on the established schedule, to carry out the current balance of water use, and demonstrate compliance with the objectives set for this work, reflected in economic savings for the company.

**Keywords:** System of action of improvements, Saving and efficient use of water, Ultrasonic meter, Volumetric measurement.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

### AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el **Sr. ARMAS SIGCHA MILTON ENRIQUE**, con **C.C. 172308499-0** egresado de la carrera de Ingeniería Industrial: cuyo título versa **“ESTUDIO SOBRE EL USO DEL AGUA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A., PLANTA LATACUNGA, PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 23 de julio del 2018

Atentamente.



Msc. Alison Mena Barthelotty

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**  
**C.C. 050180125-2**

## **1. INFORMACIÓN GENERAL.**

### **1.1. Título del Proyecto:**

Estudio sobre el uso del agua en los procesos productivos de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga, para el ahorro y uso eficiente.

### **1.2. Fecha de inicio:**

Abril 2017

### **1.3. Fecha de finalización:**

Agosto 2018

### **1.4. Lugar de ejecución:**

Av. Unidad Nacional y Manuelita Sáenz, parroquia Ignacio Flores, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, Zona 3, Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A.

### **1.5. Unidad Académica que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

### **1.6. Carrera que auspicia:**

Ingeniería Industrial.

### **1.7. Equipo de Trabajo:**

#### **Tutor:**

- Ing. Bladimiro Hernán Navas Olmedo. MSc

#### **Autor:**

- Sr. Armas Sigcha Milton Enrique

### **1.8. Área de Conocimiento:**

- Este proyecto se relaciona de acuerdo a los campos de las ciencias y las tecnologías de la UNESCO:
  - Tecnología Industrial.
  - Procesos Industriales.
- Plan Nacional del Buen Vivir, de acuerdo al:
  - Eje 2. Sistema Económico Sostenible al Servicio de la Sociedad y el Ambiente.

- Objetivo 5. Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sustentable de manera redistributiva y solidaria.
  - Política pública 5.7. Fomentar la producción nacional con responsabilidad social y ambiental, promoviendo el manejo eficiente de los recursos naturales y el uso de tecnologías duraderas y ambientalmente limpias, para garantizar el abastecimiento de bienes y servicios de calidad.
- Líneas de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se relaciona con la cuarta línea:
    - Procesos Industriales.
  - Líneas de investigación de la Carrera de Ingeniería Industrial se relaciona con la primera línea:
    - Procesos productivos.
  - Sublínea de la Carrera de Ingeniería Industrial:
    - Optimización de los procesos productivos.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.**

Es evidente que cualquier acción que conlleve a la reducción de costos de producción, ahorro de los recursos y optimización de los procesos dentro de las empresas, mediante la aplicación de herramientas para el ahorro y uso eficiente del agua, enmarcados dentro de los principios de mejora continua, sin lugar a duda permiten el crecimiento y desarrollo de las mismas, a través del cumplimiento de sus objetivos institucionales, incremento de los indicadores de calidad y sostenibilidad de los recursos que hacen uso, es por tal motivo, que el personal directivo, técnico y a los colaboradores de la planta productora de aluminio CEDAL S.A., al no disponer de información relevante sobre el uso del agua en cada una de sus etapas productivas, de la representación del diagrama de flujo de sus procesos, del balance de uso de agua de toda la planta, presentan dificultad para detección de consumos potenciales, pérdidas, y procesos subutilizados, que brinden controles adecuados de uso de agua en cada una de sus etapas comprendidas por, la extracción, tratamiento y distribución; Es en este sentido y bajo estas consideraciones que se ve la necesidad de realizar el presente estudio de investigación, que permita tomar decisiones a corto, mediano y largo plazo, sobre el manejo adecuado del agua y mediante la aplicación de un sistema de acción de mejoras se obtengan ahorros y se use de forma eficiente el recurso hídrico.

### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

#### 3.1. Beneficiarios directos del proyecto.

**Tabla 1:** Beneficiarios directos:

<b>Beneficiarios Directos</b>	<b>N.º de trabajadores</b>
Área de anodizado	52
Área de empaque	32
Área de extrusión	28
Área de pintura	19
Área de mantenimiento	17
Administración	16
Área de fundición	16
Pintura maquila	14
Área de matricería	8
Planta de tratamiento de aguas	6
Área de calidad	4
Total	212

Fuente: Elaborado por el autor.

#### 3.2. Beneficiarios Indirectos:

Toda la Corporación Ecuatoriana de aluminio CEDAL S.A.

### 4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

Al estar relacionadas las actividades productivas de la planta productora de aluminio CEDAL S.A, con procesos tales como:

- La fundición de aluminio, que es la parte inicial del proceso productivo en la cual a partir del aluminio líquido (colada), se logra la obtención de lingotes<sup>1</sup> que son extruidos posteriormente.
- Los sistemas de refrigeración tanto para las prensas de extrusión 1 y 2., y para las soluciones de las tinas de anodizado con el uso de intercambiadores de calor.

---

<sup>1</sup> Se denomina lingote al cilindro de aluminio fundido, que luego de estar en estado líquido, pasa al estado sólido por la acción refrigerante del agua.

- El proceso de anodizado electrolítico y el de pintura, en la cual se realizan los baños por inmersión a los perfiles de aluminio, para conferirles los acabados superficiales requeridos.
- La aportación de calor a las tinas de anodizado por el incremento de temperatura que realizan los calderos de vapor, para mantener las soluciones a temperaturas elevadas de manera estable., entre otros.

Todos estos procesos antes mencionados, demandan grandes cantidades de agua tanto ablandada como osmotizada , que es previamente extraída desde el pozo N.º 1 de captación de corrientes de agua subterráneas, y que posteriormente recibe tratamientos de decantación, filtración, ablandado y osmosis inversa para mejorar su calidad, es en tal sentido que el costo asociado a estos procesos es representativo para la empresa, sin dejar a un lado que pueden ser reducidos y controlados para tener un adecuado uso del agua, permitiendo el correcto funcionamiento de los subsistemas de la planta, y de las etapas por las que ésta atraviesa como son: la extracción, el tratamiento y la distribución, que brinde información relevante permitiendo la detección de problemas frecuentes relacionados con las pérdidas por fugas en el filtro de arena, los errores de conexión de las tuberías del tanque de dosificación de soda cáustica (que se dirige posteriormente al proceso de anodizado), la eficiencia de los sistemas de osmosis 1 y 2 que se encuentran en el orden del 30%, que reducen la calidad del agua, y el suministro adecuado que requiere cada proceso. Todas estas problemáticas afectan la calidad del producto terminado, el ahorro, uso eficiente del agua y en consecuencia elevan los costos de producción.

#### **4.1. Problema.**

¿Cómo reducir las pérdidas de agua existentes en los procesos productivos de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga, para el ahorro y uso eficiente?

### **5. OBJETIVOS:**

#### **5.1. General.**

- Aplicar un sistema de acción de mejoras en los procesos productivos de la empresa CEDAL S.A., a partir de la utilización de diferentes herramientas de análisis, para el ahorro para el uso eficiente del agua.



**5.2. Específicos:**

- Efectuar el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua, a través de la aplicación de encuestas y la representación gráfica del diagrama de bloques por etapas y el diagrama de flujo de procesos, para conocer su situación actual.
- Realizar el cálculo de los balances de agua para las fases de extracción, tratamiento y distribución, que permita identificar demandas reales, pérdidas y procesos subutilizados.
- Evaluar el sistema de acción de mejoras aplicado, para la verificación del ahorro y uso eficiente del agua.

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

**Tabla 2:** Actividades a realizar, técnicas e instrumentos usados y resultados esperados.

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Técnicas e instrumentos utilizados.
Efectuar el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua, a través de la aplicación de encuestas y la representación gráfica del diagrama de bloques por etapas y el diagrama de flujo de procesos, para conocer su situación actual.	Visita in situ y recorrido por todos los procesos productivos de la planta.	Proceso productivo identificado.	Observación directa.
	Aplicación de encuestas al personal directivo, técnico y a los trabajadores de la planta CEDAL S.A.	Encuestas realizadas a 136 personas.	Cálculo del tamaño de la muestra. Aplicación de la encuesta.
	Tabulación e interpretación de los resultados de la encuesta.	Conclusiones de la situación actual de la planta	Análisis estadístico con cálculo de frecuencia absoluta y porcentaje.
	Representación gráfica del sistema de tuberías.	Errores de conexión detectados y estado actual del sistema del sistema de tuberías.	Diagrama de bloques por etapas. Diagrama de flujo de procesos.
Realizar el cálculo de los balances de agua para las fases de extracción, tratamiento y distribución, que permita identificar demandas reales, pérdidas y procesos subutilizados.	Selección de zonas estratégicas para la medición.	Zonas estratégicas seleccionadas.	Inspección de campo.
	Medición directa de caudales.	Caudales en zonas de descarga abiertas.	Método de aforamiento volumétrico, tabulación y análisis estadístico a través del cálculo de la media, desviación estándar, y coeficiente de variación.
	Medición indirecta de caudales.	Caudales en tuberías cerradas.	Instrumento de medición. (medidor de caudal ultrasónico TDS-100H), tabulación y análisis estadístico a través del cálculo de

			la media, desviación estándar, y coeficiente de variación.
	Realización del balance de agua a partir del uso de registros diarios de las mediciones realizadas.	Balance de uso del agua del proceso productivo.	Tratamiento de datos por el software Excel.
Evaluar el sistema de acción de mejoras aplicado, para la verificación del ahorro y uso eficiente del agua.	Selección de opciones de mejora a proponer.	Opciones de mejora seleccionadas y determinadas.	Diagrama de Pareto. Diagrama de Ishikawa. Matriz de priorización.
	Análisis de los beneficios a obtener producto de las opciones de mejora a implementar.	Determinar los beneficios a obtener.	Beneficios cuantificables, por medio del cálculo del beneficio total anual neto. Beneficios no cuantificables, por medio de la descripción de factores que favorecen los controles posteriores.
	Evaluación y control de las acciones de mejora implementadas por la empresa.	Acciones de mejora evaluadas y controladas.	Cronograma de cumplimiento, inspección visual, método de aforamiento volumétrico, instrumento de medición (medidor de caudal ultrasónico TDS-100H).

**Fuente:** Elaborado por el autor.

En la tabla 2, se muestra la relación existente de los objetivos específicos con las actividades a realizarse, los métodos y los resultados esperados de la realización de dichas actividades, para el logro del objetivo general de la investigación.

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

### 7.1. Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. CEDAL, de capital ecuatoriano se constituyó en 1974, con el propósito de fabricar y comercializar extrusiones de aluminio para el mercado nacional e internacional. Inicia sus actividades productivas en el año 1976, enfocados al mercado interno con extrusiones de aluminio para uso arquitectónico.

**Figura 1:** Logotipo de la empresa CEDAL S.A.



**Fuente:** Página principal de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., Latacunga. Disponible en: <http://cedal.com.ec/produccion.html>.

Introduce y comercializa perfiles de aluminio estructural, convirtiéndose en el producto sustituto al hierro en aplicaciones como: cubiertas para estadios, viseras, puentes peatonales, silletería, estructuras espaciales, entre otros. A través de su empresa filial C.I. VITRAL, comercializadora de perfiles de aluminio, cuenta con tres centros de distribución propios en las ciudades de Bogotá, Cali y distribuidores con cobertura nacional. Para el año de 1986, se crea ESTRUSA, empresa líder en la fabricación y montaje de sistemas de ventanería y estructuras de aluminio y vidrio en Ecuador, con la iniciativa de participar activamente en el sector de la construcción, ofreciendo productos y servicios que integran soluciones con ingeniería y diseño. En 1992 se constituye el grupo "Corporación Empresarial S.A. CORPESA", holding que agrupa en la actualidad unidades estratégicas de negocio comprendidas por: CEDAL, ESTRUSA, ESTRUSA Guayaquil, C.I.VITRAL y CEDAL DURÁN. En 2006 inició un programa de innovación de nuevos sistemas de ventanería de alta prestación, que ha permitido ampliar la cobertura y uso de la perfiles de aluminio en el mercado colombiano. En el año 2012 se implementa una nueva fábrica extrusora de aluminio, en la Provincia del Guayas llamada Cedal Durán dentro de un terreno de 65.000 m<sup>2</sup>, compartiendo con el centro de distribución de Cedal e instalaciones de Estrusa Guayaquil. Con esta nueva fábrica se logró duplicar la capacidad instalada a 18.000 TON/año en extrusión. (CEDAL Aluminio, 2017).

## **7.2. Planta CEDAL Latacunga.**

(CEDAL Aluminio, 2017) manifiesta que la fábrica de Latacunga tiene un horno de fundición de doble cámara de operación continua (11.000t/a) dos líneas de extrusión de 7" (11.500t/a), una línea de anodizado, una línea de pintura electrostática horizontal, una planta de tratamiento de fluentes líquidas, las fases que intervienen en el proceso productivo se muestran a continuación:

### **7.2.1. Fundición.**

El aluminio recuperado del proceso de extrusión y perfilería rechazada son nuevamente fundidos, manteniendo las características de la aleación mediante estrictos controles metalúrgicos.

### **7.2.2. Extrusión.**

La materia prima ingresa al proceso de extrusión. Los lingotes de aluminio se calientan a 480 y 550°C y por la compresión son forzados a pasar a través de la apertura de una matriz. Ésta dará la forma al perfil de aluminio.

### **7.2.3. Anodizado.**

El anodizado es un proceso electroquímico a través del cual, se forma sobre la superficie del perfil un recubrimiento de óxido de aluminio, a este se le puede impartir varias tonalidades cromáticas.

### **7.2.4. Pintura Electroestática.**

Una capa de pintura en polvo se deposita electroestáticamente sobre el perfil para luego ser curada en un horno, donde las partículas de pintura se unen con otras formando una sola película uniforme en espesor.

### **7.2.5. Empaque y Despacho.**

CEDAL empaqueta todos sus productos en fundas de polietileno, con el fin de evitar que las piezas sean dañadas en el proceso de transportación desde la salida de la planta hasta sus puntos de distribución.

### **7.2.6. Matricería.**

La matricería que se utiliza en el proceso de Extrusión es importada, CEDAL cuenta con más de 3300 diseños diferentes de matrices, de los cuales muchos son diseños y de uso exclusivo de sus clientes.

### 7.2.7. Planta de Tratamiento.

CEDAL cuenta con una planta de tratamiento certificada para descargas líquidas que garantizan el cuidado del medio ambiente.

La planta Latacunga se encuentra ubicada en la Av. Unidad Nacional S/N, parroquia Ignacio Flores, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

**Figura 2:** Ubicación planta Cedral S.A. Latacunga.



Fuente: Google maps.

### 7.3. El agua un recurso esencial.

El agua es un constituyente vital para todos los seres vivos, así como para el ser humano, interviniendo en la mayoría de sus actividades, directa o indirectamente. Ha hecho que el clima sea de una determinada forma, la vegetación presente la aprovecha para desarrollarse, las formas del relieve se han modelado gracias a ella, bien sea en estado sólido o líquido y las capas húmicas del suelo no existirían si el agua no existiera. (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005, pág. 132).

El agua como recurso indispensable para la vida, ha de ser usada de manera eficiente y racional, a través de su sostenibilidad, como premio para las generaciones posteriores, como reafirma su importancia:

(Naciones Unidas, 2017) refiere que el agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es el vínculo crucial entre la sociedad y el medioambiente. El agua es, además, una cuestión de derechos. A medida que crece la población mundial, se genera una necesidad creciente de conciliar la competencia

entre las demandas comerciales de los recursos hídricos para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades.

#### **7.4. Marco legal ecuatoriano.**

No es hasta el 2008 que se reconoce al agua como un recurso estratégico, definiendo un esquema participativo e incluyente desde el Estado:

“El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria”. Mediante Decreto Ejecutivo N° 1088 publicado en el Registro oficial N° 346 del 27 de mayo de 2008, se crea la Secretaría Nacional del Agua, “...con la finalidad de conducir los procesos de los recursos hídricos de una manera integrada y sustentable en los ámbitos de cuencas, subcuencas, microcuencas o demarcaciones hidrográficas e hidrogeológicas, de acuerdo a la Ley de Aguas, su Reglamento y demás normas conexas vigentes, relacionadas con los recursos hídricos superficiales y los acuíferos en el Ecuador”. A través del Decreto Ejecutivo N°. 5 del 30 de mayo 2013 en sus artículos 1 y 2, se transfiere a la Secretaría del Agua todas las competencias, atribuciones, responsabilidades, funciones, delegaciones, representaciones, proyectos y programas en materia de riego, drenaje, agua potable y saneamiento que estuvieron a cargo del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) respectivamente. La Secretaría del Agua a fin de cumplir de manera eficiente las competencias designadas para su gestión a nivel nacional y conforme lo establecido en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA), fortaleció la institucionalidad de la “Autoridad Única del Agua” mediante Decreto Ejecutivo N° 310 del 17 de abril 2014, el cual menciona en su Art. 1, “Reorganizase a la Secretaría del Agua y créase la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) y la Empresa Pública del Agua (EPA) que pasarán a asumir parte de las competencias asignadas a la Secretaría antedicha...” (ver figura 3).

La ARCA, según el Art. 3, tiene como competencia “... la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la gestión de la calidad y cantidad del agua en sus fuentes y zonas de recarga, de la calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y de todos los destinos, usos y aprovechamientos económicos del agua”.

En referencia a la EPA, conforme el Art. 9, se establece como objetivo de la empresa “...contratar, administrar y supervisar los proyectos de infraestructura hídrica de competencia

del Gobierno Central en sus fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento; asesorar y asistir técnica y comercialmente a los prestadores de los servicios públicos y comunitarios del agua; y, realizar la gestión comercial de los usos y aprovechamientos del agua”. (SENAGUA, 2017, p. 15).

**Figura 3:** Entes de regulación y control del agua en Ecuador.



**Fuente:** SENAGUA. (2017). Boletín de la estadística sectorial del agua. Disponible en:

[https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA\\_08feb.compressed-2.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA_08feb.compressed-2.pdf)

### 7.5. Ciclo del agua.

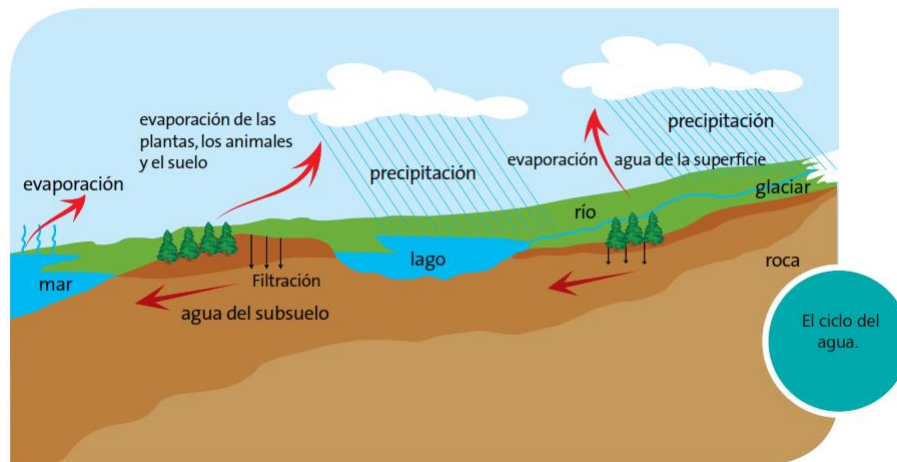
(Hondupalma y SNV, 2011, p. 8) manifiesta que las fuentes de agua se recargan debido a la acción del ciclo hidrológico. Se dice que éste actúa como una bomba gigante que continuamente transfiere agua dulce de los océanos a la tierra y que luego retorna al mar. En este ciclo de energía solar, el agua se evapora de la superficie terrestre y llega a la atmósfera, de donde cae en forma de lluvia o nieve.

Parte de esta precipitación vuelve a evaporarse, mientras que otra parte comienza el viaje de vuelta al mar a través de arroyos, ríos y lagos. Aun otra parte se filtra dentro del suelo y se convierte en humedad del suelo (agua subterránea) o en agua superficial.

Las plantas incorporan la humedad del suelo en sus tejidos y la liberan en la atmósfera en el proceso de evapotranspiración. Gran parte del agua subterránea finalmente vuelve a pasar al caudal de las aguas de la superficie, comenzando así de nuevo el ciclo del agua. (ver figura 4).



**Figura 4:** Ciclo del agua.



**Fuente:** Hondupalma y SNV. (2011). Uso eficiente del agua. Recuperado de: <http://www.snvla.org/mm/file/Guia%20uso%20de%20agua-web.pdf>

## 7.6. Fuentes de agua.

### 7.6.1. Agua superficial.

Son las aguas que se encuentran encima del suelo; pueden ser corrientes que se mueven en una misma dirección y circulan continuamente, como los ríos y arroyos; o bien estancadas como los lagos, lagunas, charcas y pantanos. (Hondupalma y SNV, 2011, p. 9).

### 7.6.2. Agua subterránea.

Se genera cuando por acción del ciclo hidrológico o ciclo del agua, parte de la precipitación es absorbida por el suelo, que luego entra en los acuíferos y en las vertientes (quebradas, riachuelos, etc.). La cantidad de agua que saldrá dependerá de cuánto absorba la tierra, además del tipo de suelo que se tenga. Las aguas subterráneas se aprovechan mediante pozos, los cuales consisten en un orificio o túnel vertical perforado en la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar una reserva de agua subterránea. (Hondupalma y SNV, 2011, p. 9).

## 7.7. Tipos de agua.

(Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017) señala que de acuerdo a las propiedades físico - químicas el agua puede ser:

### 7.7.1. Agua destilada.

Agua en la que no se encuentra ninguna sal diluida, pues ha sido purificada o limpiada mediante destilación.

### **7.7.2. Agua dulce.**

Agua con baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada para producir agua potable.

### **7.7.3. Agua salada.**

Agua en la que la concentración de sales minerales es relativamente alta (35 gramos por litro). Se puede encontrar en los océanos y mares de la Tierra.

### **7.7.4. Agua salobre.**

Tiene más sales disueltas que el agua dulce, pero menos que el agua de mar. Puede resultar de la mezcla de agua de mar con agua dulce, como ocurre en estuarios, deltas o en algunos acuíferos fósiles.

### **7.7.5. Agua dura.**

Agua que contiene cantidades relativamente grandes de sales disueltas, principalmente de calcio y magnesio.

### **7.7.6. Agua blanda.**

Agua en la que se encuentran disueltas mínimas cantidades de sales, tiene menos de 0.5 partes por mil de sal disuelta.

## **7.8. Características físicas del agua.**

### **7.8.1. Color.**

Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión (...). Los efectos del color en la vida acuática se centran principalmente en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los peces provoca un efecto barrera a la luz solar, y se reduce los procesos fotosintéticos en el fitoplancton así como una restricción de la zona de crecimiento de las plantas acuáticas. (Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 6).

### **7.8.2. Olor.**

Es debido a cloro, fenoles, ácido sulfhídrico, etc. La percepción del olor no constituye una medida, sino una apreciación, y ésta tiene, por lo tanto, un carácter subjetivo. El olor raramente es indicativo de la presencia de sustancias peligrosas en el agua, pero sí puede indicar la existencia de una elevada actividad biológica. Por ello, es el caso de aguas potables,

no debería apreciarse olor alguno, no sólo en el momento de tomar la muestra sino a posteriori (10 días en recipiente cerrado y a 20 °C). (Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 6).

### **7.8.3. Turbidez.**

Es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o particulados. La presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad (por ejemplo, contaminación por microorganismos) y/o la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla) o de materiales orgánicos. La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. (Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 6).

### **7.8.4. Temperatura.**

El empleo de agua para refrigeración (por ejemplo, en las centrales nucleares) conlleva un efecto de calentamiento sobre el medio receptor que se denomina “contaminación térmica”. Su alteración suele deberse a su utilización industrial en procesos de intercambio de calor (refrigeración). Influye en la solubilidad de los gases y las sales. Temperaturas elevadas implican aceleración de la putrefacción, con lo que aumenta la DBO y disminuye el oxígeno disuelto. (Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 6).

### **7.8.5. Sólidos.**

Son todos aquellos elementos o compuestos presentes en el agua que no son agua ni gases. Atendiendo a esta definición se pueden clasificar en dos grupos: disueltos y en suspensión. En cada uno de ellos, a su vez, se pueden diferenciar los sólidos volátiles y los no volátiles. La medida de sólidos totales disueltos (TDS) es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y proporciona una indicación general de la calidad química. TDS es definido analíticamente como residuo filtrable total (en mg/L) Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, etc. (...). La presencia de sólidos en suspensión participa en el desarrollo de la turbidez y el color del agua, mientras que la de sólidos disueltos determina la salinidad del medio, y en consecuencia la conductividad del mismo. Por último, la determinación de sólidos volátiles constituye una medida aproximada de la materia orgánica, ya que a la temperatura del método analítico empleado el único compuesto inorgánico que se descompone es el carbonato magnésico. (Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 7).

### 7.8.6. Conductividad.

(Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 7). refiere que la conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. Como la contribución de cada especie iónica a la conductividad es diferente, su medida da un valor que no está relacionado de manera sencilla con el número total de iones en solución. Depende también de la temperatura. Está relacionada con el residuo fijo por la expresión:

conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )  $\times f =$  residuo fijo ( $\text{mg}/\text{L}$ ), el valor de  $f$  varía entre 0.55 y 0.9

## 7.9. Características químicas del agua.

### 7.9.1. pH.

Se define como el logaritmo de la inversa de la concentración de protones:

$$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+] = -\log [\text{H}^+]$$

La medida del pH es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. La alcalinidad es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH del agua por encima de un cierto valor (bases fuertes y sales de bases fuertes y ácidos débiles), y, lógicamente, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono, ácidos minerales, ácidos poco disociados, sales de ácidos fuertes y bases débiles). Ambos, alcalinidad y acidez, controlan la capacidad de tamponamiento del agua, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases. El principal sistema regulador del pH en aguas naturales es el sistema carbonato (dióxido de carbono, ión bicarbonato y ácido carbónico). (Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 9).

### 7.9.2. Acidez.

La acidez se refiere a la presencia de sustancias disociables en agua y que como producto de disociación generan el ión hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), como son los ácidos fuertes, ácidos débiles y de fuerza media; también la presencia de ciertos cationes metálicos como el Fe (III) y el Al (III) contribuyen a la acidez del medio (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

### 7.9.3. Alcalinidad.

La alcalinidad significa la capacidad del agua de neutralizar. Evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido. Es También añadir carbón al agua. La

alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7. Sin embargo, cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, puede causar condiciones dañinas para la vida acuática. En química del agua la alcalinidad se expresa en PPM o el mg/l de carbonato equivalente del calcio. La alcalinidad total del agua es la suma de las tres clases de alcalinidad; alcalinidad del carbonato, del bicarbonato y del hidróxido. (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

#### 7.9.4. Dureza.

(frankespulpo, Propiedades físico químicas del agua, 2011) refiere que la dureza del agua se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos o bicarbonatos) y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio y constituye un parámetro muy significativo en la calidad del agua (ver tabla 3). Esta cantidad de sales afecta la capacidad de formación de espuma de detergentes en contacto con agua y representa una serie de problemas de incrustación en equipo industrial y doméstico, además de resaltar nociva para consumo humano. De acuerdo a la concentración de carbonatos contenidos en el agua, está puede clasificarse en niveles de dureza:

**Tabla 3:** Índices de dureza del agua.

<i>Denominación</i>	<b>ppm de CaCO<sub>3</sub></b>
Muy suaves	0-15
Suaves	16-75
Medias	76-150
Duras	150-300
Muy duras	Mayor a 300

**Fuente:** Revisión bibliográfica. (s, f). Dureza del agua. Recuperado de:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/leip/valenzuela\\_m\\_td/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/valenzuela_m_td/capitulo3.pdf).

#### 7.9.5. Materia orgánica.

La materia orgánica existente en el agua, tanto la que se encuentra disuelta como en forma de partículas, se valora mediante el parámetro carbono orgánico total (TOC, total organic carbon). Los compuestos orgánicos existentes en el medio acuático se pueden clasificar en dos grandes grupos atendiendo a su biodegradabilidad, es decir, a la posibilidad de ser utilizados por microorganismos como fuente de alimentación y para su medida se utilizan los

parámetros denominados DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno). (Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 9).

#### **Demanda química de oxígeno DQO.**

Es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de los organismos vivos. Efectúa la determinación del contenido total de materia orgánica oxidable, sea biodegradable o no. (Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 9).

#### **Demanda bioquímica de oxígeno DBO.**

Permite determinar la materia orgánica biodegradable. Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente, por la acción bioquímica aerobia. Esta transformación biológica precisa un tiempo superior a los 20 días, por lo que se ha aceptado, como norma, realizar una incubación durante 5 días, a 20 °C, en la oscuridad y fuera del contacto del aire, a un pH de 7-7.5 y en presencia de nutrientes y oligoelementos que permitan el crecimiento de los microorganismos.

A este parámetro se le denomina DBO<sub>5</sub>. (Universidad Politécnica de Cartagena, s,f, p. 9).

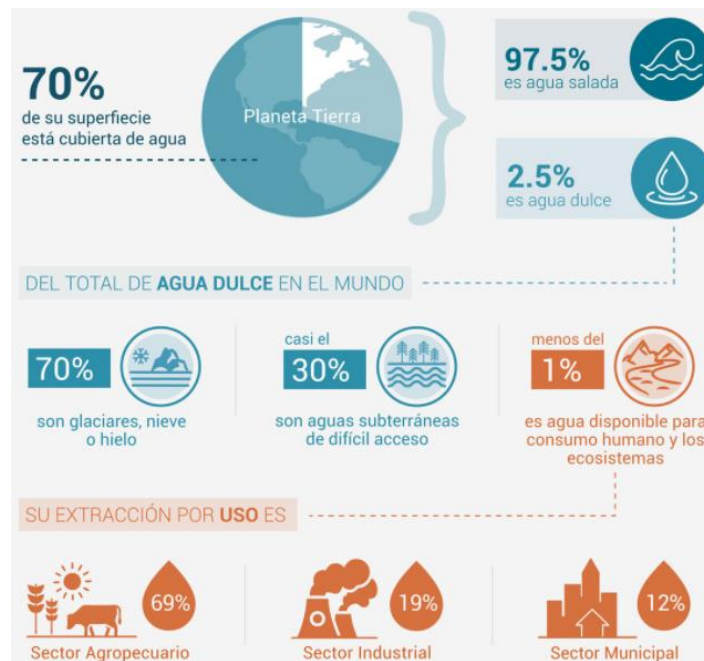
### **7.10. Disponibilidad de agua en el planeta.**

El 70% de la superficie del planeta está cubierta por agua y sólo 30% es tierra firme (...). La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1,386 millones de km<sup>3</sup>, de estos el 97.5% es agua salada, el 2.5%, es decir 35 millones de km<sup>3</sup>, es agua dulce y de ésta casi el 70% no está disponible para consumo humano debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo (ver figura 5).

Del agua que técnicamente está disponible para consumo humano, sólo una pequeña porción se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración.

Mucha de esta agua teóricamente utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o vuelve imposible su utilización efectiva. Se estima que solamente el 0.77% se encuentra como agua dulce accesible al ser humano.

**Figura 5:** Disponibilidad y uso de agua en el planeta.



**Fuente:** Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental. (2017). Agua en el planeta. Recuperado de <https://agua.org.mx/en-el-planeta/#cuanta-agua-hay-en-el-planeta>.

Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego. 2,500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua. Se estima que el 20% de los acuíferos mundiales está siendo sobreexplotado, lo que tendrá consecuencias graves, como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salina.

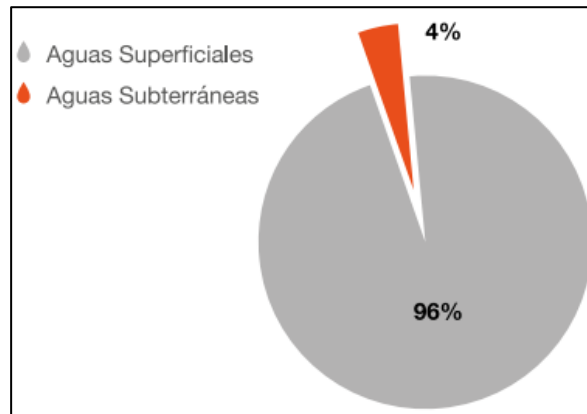
La disponibilidad de agua enfrenta presiones por contaminación. Se espera que la eutrofización de las aguas superficiales y las zonas costeras aumente en casi todas partes hasta 2030. A nivel mundial, el número de lagos con algas nocivas aumentará por lo menos un 20% hasta 2050. A nivel mundial, la proporción de extracción de agua es aproximadamente 69% agropecuaria, 19% industrial y 12% municipal (ver figura 5).

Este cálculo está dado a partir de la extracción total global para cada uso; y está fuertemente influenciado por unos pocos países que tienen una extracción de agua muy alta, en comparación con otros. (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2017).

### 7.11. Disponibilidad de agua en el Ecuador.

(SENAGUA, 2017, p. 22) afirma que el volumen total de recursos hídricos a nivel nacional es de 376,018 hm<sup>3</sup>, dividido en recursos superficiales 361.747 hm<sup>3</sup> y recursos subterráneos 14.272 hm<sup>3</sup>, con una cantidad de recursos hídricos per cápita es 26,000 m<sup>3</sup> (ver figura 6).

**Figura 6:** Participación porcentual de aguas superficiales vs. subterráneas en Ecuador.

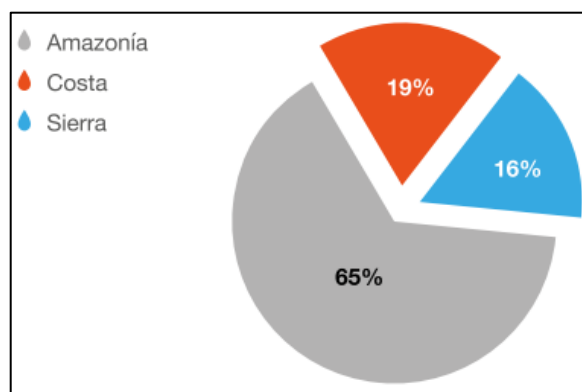


**Fuente:** SENAGUA. (2017). Boletín de la estadística sectorial del agua. Disponible en:

[https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA\\_08feb.compressed-2.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA_08feb.compressed-2.pdf)

En la Costa, Sierra y Amazonía, la cantidad media anual de recursos hídricos es de 70,046 hm<sup>3</sup>, 59,725 hm<sup>3</sup> y 246,246 hm<sup>3</sup>, respectivamente como se muestra en la figura 7.

**Figura 7:** Composición porcentual de los recursos hídricos totales por región.



**Fuente:** SENAGUA. (2017). Boletín de la estadística sectorial del agua. Disponible en:

[https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA\\_08feb.compressed-2.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA_08feb.compressed-2.pdf)



### 7.11.1. Recursos Hídricos Superficiales.

El volumen total de recursos hídricos superficiales a nivel nacional se distribuye en 63,685 hm<sup>3</sup> para la costa, 59,725 hm<sup>3</sup> para la sierra y 238,337 hm<sup>3</sup> para la Amazonía.

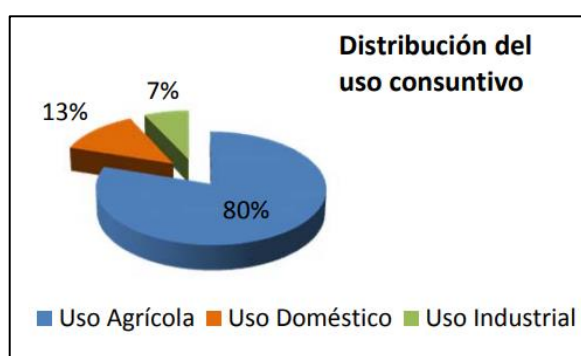
### 7.11.2. Recursos Hídricos Subterráneos.

El promedio multianual de los recursos hídricos subterráneos en Ecuador es 56,556 hm<sup>3</sup>, de los cuales a la región Costa le corresponden 15,137 hm<sup>3</sup>, la Sierra 8,381 hm<sup>3</sup>, y a la Amazonía 33,037 hm<sup>3</sup>. El volumen neto de aguas subterráneas es de 14,272 hm<sup>3</sup>.

## 7.12. Usos de agua en el Ecuador.

(CEPAL, 2012, p. 12) refiere que las demandas y usos del agua pueden dividirse en consuntivos y no consuntivos. En los primeros, donde hay un consumo de agua en cantidad o calidad, se incluyen los abastecimientos domésticos, industriales y regadíos. Mientras que los usos no consuntivos son aquellos donde no hay un consumo en cantidad o calidad importante; constan en este grupo la energía, la navegación, etc. Resulta esencial distinguir entre demanda y consumo. *Demanda* es la cantidad de agua que resulta necesario suministrar en origen para satisfacer un uso determinado; y, *consumo* es la pérdida o reducción física del volumen de agua disponible que ese uso lleva consigo (...). Según la base de datos de concesiones de SENAGUA publicada en el año 2011, en las demandas sectoriales, el uso consuntivo predominante en el país es el agrícola, pues representa el 80% del caudal utilizado, seguido por el uso doméstico (13%) y la industria (7%) (ver figura 8).

**Figura 8:** Distribución de los usos consuntivos en el Ecuador.



**Fuente:** CEPAL. (2012). Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador. Disponible en: <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>.

### **7.13. Uso del agua en la empresa productora de aluminio CEDAL S.A. planta Latacunga.**

(Castro Yanez, 2013, p. 30) refiere que CEDAL se abastece de agua desde la red de agua potable de la ciudad, la cual es administrada y mantenida por el Ilustre Municipio de Latacunga. El agua es usada principalmente en las baterías sanitarias y comedor de la planta. El consumo promedio mensual de agua potable es de 2263 m<sup>3</sup>. (Consumo promedio de enero a octubre del 2013). Para el proceso, la planta se abastece de agua desde pozos de agua subterránea que se encuentra dentro del mismo predio. Esta agua es tratada para disminuir la dureza y se utiliza principalmente en los sistemas de enfriamiento de los procesos de fundición y anodizado. La cantidad de agua consumida de esta fuente no está estimada. La planta cuenta con dos cisternas principales para el almacenamiento de agua potable: una está ubicada en la esquina sur oeste del galpón de fundición con capacidad para 35,5 m<sup>3</sup>, y la otra se encuentra en el área de equipos de servicio de anodizado, con capacidad para 19 m<sup>3</sup>.

### **7.14. Extracción tratamiento y distribución de aguas subterráneas.**

#### **7.14.1. Extracción de aguas subterráneas.**

El agua normalmente se extrae de estos depósitos por medio de pozos. El tamaño de los poros del suelo, la viscosidad del agua y otros factores se combinan para limitar la velocidad a la cual el agua se mueve a través del suelo para rellenar el pozo. Este flujo (velocidad) puede variar desde  $1 \frac{\text{m}}{\text{día}}$  hasta  $1 \frac{\text{m}}{\text{año}}$ . Un depósito de aguas subterráneas sólo puede soportar una rapidez de extracción de la misma magnitud que la del suministro que recibe de manera continua por infiltración. Una vez que este flujo se excede el nivel freático empieza a bajar, con lo cual los pozos existentes se secan y se requieren una costosa perforación para localizar nuevos pozos (ver figura 9). La mayor parte de los usuarios de aguas rurales recurren a las aguas subterráneas porque las mismas se pueden extraer y utilizar en el lugar donde se les necesita, con lo cual se elimina la necesidad de costosas tuberías y procesos de purificación. Las aguas subterráneas no son tan susceptibles a la contaminación como las de superficie, aunque, una vez contaminadas, su restauración aun si es posible es difícil y de largo plazo. Casi todos los organismos patógenos y muchas sustancias indeseables se eliminan por la acción filtrante de las partículas de suelo. Ésta es la razón por la cual los municipios, incluso los que están situados cerca de aguas superficiales, prefieren los pozos para el abasto de agua. Se necesita mucho menos tratamiento y, por ende, menos gastos, para llevar las aguas subterráneas al nivel de agua potable. El agua de los pozos, aunque en cantidad limitada, es

por lo general la calidad uniforme y carece de turbidez, aunque puede requerir ablandamiento. La calidad de las aguas subterráneas es difícil de vigilar cuando se está utilizando un gran número de pozos. Una construcción correcta de los pozos es fundamental para impedir la contaminación del agua de los mismos y por tanto del nivel freático. La ubicación de los tanques sépticos en relación con los pozos es de importancia crítica para evitar la contaminación de la fuente de agua (Glynn & Heinke, 1999, p. 393).

Cuando se trata de un agua subterránea, ha de cuidarse, en primer lugar, que la captación o el bombeo arrastre con el agua la menor cantidad posible de tierra y de arena. Es indispensable delimitar un perímetro de protección. Al efectuarse una toma de agua superficial, debe tenerse en cuenta las materias que esta pueda contener. (Orellana, 2005, p. 1).

**Figura 9:** Ciclo de agua subterránea.



**Fuente:** Asociación Geoinnova. (2018). La extracción de agua subterránea acelera el aumento del nivel del mar. Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/la-extraccion-de-agua-subterranea-acelera-el-aumento-del-nivel-del-mar/>.

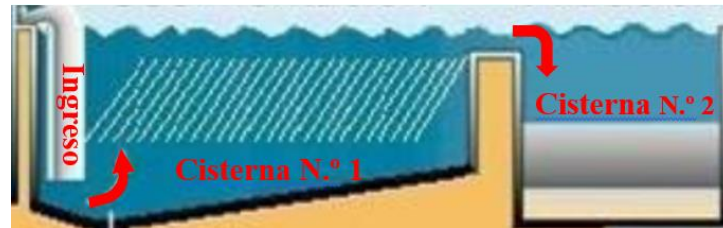
#### **7.14.2. Tratamientos efectuados en aguas subterráneas.**

##### **Eliminación de material particulado.**

##### **Decantación por gravedad.**

La decantación es un método físico para separar componentes de mayor densidad que el agua. El mecanismo de acción de la separación es la fuerza de la gravedad. Así, los componentes de mayor densidad se sitúan en el fondo del decantador, quedando el agua clarificada en la superficie (ver figura 10). La adición de coagulantes y floculantes favorece la separación de los sólidos en suspensión en el proceso de decantación. En el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales, el decantador es un elemento fundamental ya que mediante el mismo podemos separar y concentrar los fangos, así como los sólidos presentes en el agua residual mediante un proceso de decantación física. (GEDAR, 2018).

**Figura 10:** Decantación por gravedad.

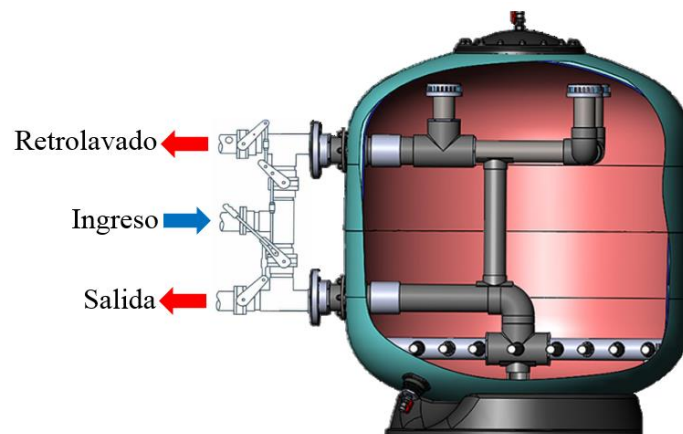


**Fuente:** Boss Tech. (2018). ¿Como se realiza la potabilización del agua? Disponible en: <https://bosstech.pe/blog/como-se-realiza-la-potabilizacion-del-agua/>

### Filtración por arena a presión.

Los filtros a presión se rigen por los mismos principios de los filtros de arena, grava y sistema de drenaje están colocados dentro de un tanque de acero, generalmente de forma cilíndrica, y su distribución es similar de los filtros gravitacionales. El agua se hace pasar a presión con una velocidad de filtración que varía de 80 a 160  $\frac{L}{min} * m^2$ . Generalmente estos filtros operan sin sedimentación previa, pero es conveniente emplear coagulación. La experiencia ha demostrado que no son recomendables para tratar el agua de consumo doméstico, utilizándose con gran éxito en la recirculación del agua de piscinas y en la industria. El lavado del material filtrante se efectúa en la misma forma que para el filtro rápido, es decir haciendo circular el agua en sentido inverso al escurrimiento normal. En la figura 11 vemos un esquema de filtro a presión (Universidad Tecnológica Nacional, 2005, p. 62).

**Figura 11:** Filtro de arena vertical.



**Fuente:** Miami Filter. (2018). Instruction Manual. Disponible en: <https://nebula.wsimg.com/ba74b3aed284f6d820824b16791f8ccf?AccessKeyId=367A0572B2BA62910DDC&disposition=0&alloworigin=1>.

### **Eliminación de sustancias disueltas.**

Varias de las operaciones unitarias que hemos analizado hasta este punto son parcialmente eficaces para eliminar sustancias disueltas objetables. Por ejemplo, el color del agua que causa la materia coloidal o disuelta se reduce por coagulación/floculación. En general, los procesos convencionales no tienen como objetivo la eliminación de sustancias disueltas o gases. Si éstos constituyen un problema, se dispone de otras operaciones unitarias. (Glynn & Heinke, 1999, p. 407).

### **El ablandamiento.**

El ablandamiento del agua es un proceso que quita la dureza, causada por la presencia de iones metálicos divalentes, principalmente  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ . La dureza del agua es consecuencia del contacto con los suelos y rocas, en particular la piedra caliza, en presencia de  $\text{CO}_2$ . (...). Las concentraciones de dureza tanto carbónica como no carbónica se expresan como  $\text{CaCO}_3$ . Rara vez es necesario el ablandamiento para aguas de superficie (donde una dureza mayor de 200 mg/L es poco común), pero en ocasiones es deseable para las aguas subterráneas (donde se observan con cierta frecuencia durezas superiores a los 1500 mg/L). El agua dura es aceptable para consumo humano, pero puede no ser adecuada para uso industrial en razón de los problemas de formación de incrustaciones que causa en las calderas. El ablandamiento con cal-carbonato y el intercambio de iones son dos de los métodos disponibles para ablandar el agua dura. En el *ablandamiento con cal-carbonato*, la cal ( $\text{CaO}$ ) que se agrega al agua se hidrata a  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , el cual elimina la dureza carbónica convirtiendo el  $\text{CaHCO}_3$ . soluble en  $\text{CaCO}_3$  insoluble, y el  $\text{MgHCO}_3$ . soluble en  $\text{CaCO}_3$  insoluble y  $\text{MgCO}_3$  soluble. Este  $\text{MgCO}_3$  soluble se precipita después como  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  y  $\text{CaCO}_3$  con la adición de más cal. La dureza no carbónica (por ejemplo,  $\text{CaSO}_4$  y  $\text{MgSO}_4$  solubles) se precipita como  $\text{CaCO}_3$  agregando carbonato de sodio ( $\text{NaCO}_3$ ). Con el *intercambio de iones*, el agua dura se fuerza a través de una resina de intercambio iónico como la zeolita, la cual extrae de manera preferente los iones  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  del agua y libera iones  $\text{Na}^+$ , los cuales forman sales solubles. (Glynn & Heinke, 1999, p. 408).

(Universidad Tecnológica Nacional, 2005, p. 98) refiere que el ciclo de operación de proceso de intercambio iónico tiene las siguientes etapas:

**Ablandamiento:** El agua se hace pasar a través de la capa de zeolita hasta que su capacidad se agota.

**Lavado:** Se realiza en forma similar al lavado de filtros rápidos; es decir, por un flujo de agua que produce la expansión de la zeolita.

**Regeneración:** La salmuera del saturador se diluye de 5 a 10% y se entrega por la superficie del intercambiador iónico a través de un sistema de tubos perforados o por el sistema de drenaje, en cuyo caso la dirección del flujo es opuesta al del funcionamiento normal del sistema.

**Enjuague:** La salmuera sobrante se elimina por un lavado del intercambiador de base.

**Figura 12:** Ablandador de intercambio iónico.



**Fuente:** Agua Sistec. (2018). Ablandadores de agua. Disponible en: <http://www.aguasistec.com/ablandador-de-agua.php>.

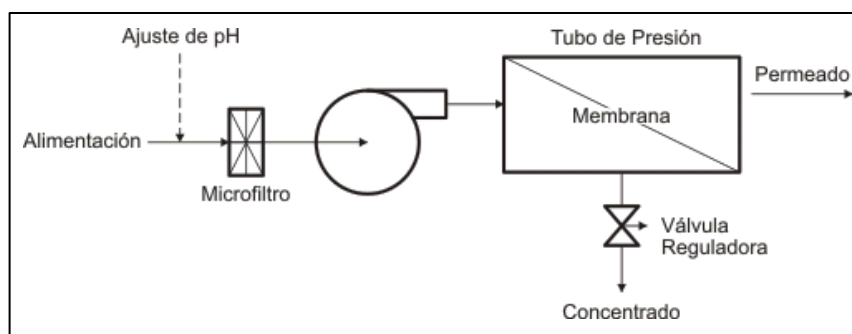
### Ósmosis inversa.

En la ósmosis Inversa (OI) el agua dulce se fuerza a través de una membrana semipermeable en sentido opuesto al que se presenta en la ósmosis natural. Puesto que la membrana quita las sales disueltas, la aplicación principal de la OI se ha dado en la desalinización. Sin embargo, el proceso también elimina materiales orgánicos, bacterias y virus, y su aplicación en el tratamiento del agua va en aumento. (Glynn & Heinke, 1999, p. 408).

(Universidad Tecnológica Nacional, 2005, p. 116) señala que, para la ósmosis inversa, se utilizan unas membranas llamadas semipermeables, que dejan pasar el agua en tanto que retienen del 90 al 99 % de todos los elementos minerales disueltos, del 95% al 99% de la mayoría de los elementos orgánicos y el 100 % de las materias coloidales más finas, bacterias, virus, sílice coloidal, etc. También podemos indicar que la eficacia de las membranas frente a las sales varía del 90% al 99% o que su paso de sal (PS) está comprendido entre 10% y el 1

%. Las membranas se reúnen en unos elementos denominados módulos, y el esquema de aplicación más sencillo consiste en poner en serie una bomba de alta presión y un módulo; el agua pura atraviesa la membrana bajo el efecto de la presión, en tanto que un efluente concentrado (rechazo) se evacua en continuo por medio de una válvula de expansión (ver figura 13).

**Figura 13:** Módulo de ósmosis inversa.



**Fuente:** Wikispaces. (2018). Ósmosis Inversa. Disponible en: <http://procesosbio.wikispaces.com/Ósmosis+inversa>

### Membranas de ósmosis inversa.

(Universidad Tecnológica Nacional, 2005, p. 116) afirma que cuando se realizan membranas en laboratorio, normalmente de forma plana, se plantean pocas dudas respecto a la elección de los materiales. Por el contrario, a escala industrial, la economía del proceso tiene una importancia extraordinaria, economía que depende, ante todo, de la configuración de la membrana y de la estabilidad en el tiempo del material elegido. En la actualidad, se comercializan dos tipos de membranas:

- Membranas de acetato de celulosa
- Membranas de poliamidas aromáticas

Las *membranas de acetato de celulosa* se adaptan a un fuerte caudal por unidad de superficie y se utilizan en forma tubular, en forma arrollada en espiral y, más recientemente en forma de fibras huecas. Por el contrario, las *membranas de poliamidas*, tienen menor caudal específico. Estas se fabrican en forma de fibras huecas para obtener un máximo de superficie por unidad de volumen, aproximadamente 15 veces más que las membranas arrolladas en espiral. Conviene resaltar la excelente resistencia a los agentes químicos y biológicos de las membranas de poliamida, que les confiere una duración mucho mayor que las de acetato, cuya hidrólisis no puede evitarse, pero puede reducirse al mínimo respetando unas

condiciones de explotación muy rigurosas en lo que se refiere al pH y la temperatura. En la tabla 4, se resumen las diferentes características de los dos tipos de membranas.

**Tabla 4:** Membranas de acetato espirales y de poliamida de fibras huecas.

Membranas	Tratamiento de aguas de salinidad < 15 g/l	
	Poliamida aromática 8-9	Acetato de celulosa
Naturaleza.	Poliamida aromática 8-9	Acetato de celulosa
Configuración.	Fibras huecas	Espiral o fibras huecas
Resistencia física.		
Presión normal de funcionamiento.	28 bar	30 a 42 bar
Contrapresión máxima de agua producida.	3,5 bar	-
Temperatura máxima de funcionamiento.	35 °C	30 °C
Temperatura máxima de almacenamiento.	40 °C	30 °C
Resistencia química.		
pH tolerados.	4 a 11	4,5 a 6,5
Hidrólisis.	insensible.	muy sensible.
Ataque bacteriano.	insensible.	muy sensible.
Cloro libre, dosis máxima admisible de continuo.	pH= 8: 0,1 mg/l	0,5 a 1 mg/l.
	pH > 8: 0,25 mg/l	-
Otros agentes oxidantes.	buena resistencia.	buena resistencia.
Duración.	3 a 5 años	2 a 3 años
Pesa de la sal (NaCl)	5 a 10%	5 a 10%

**Fuente:** Universidad Tecnológica Nacional. (2005). Ingeniería Sanitaria. Disponible en: [https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf).

### **Módulos de arrollamiento en espiral.**

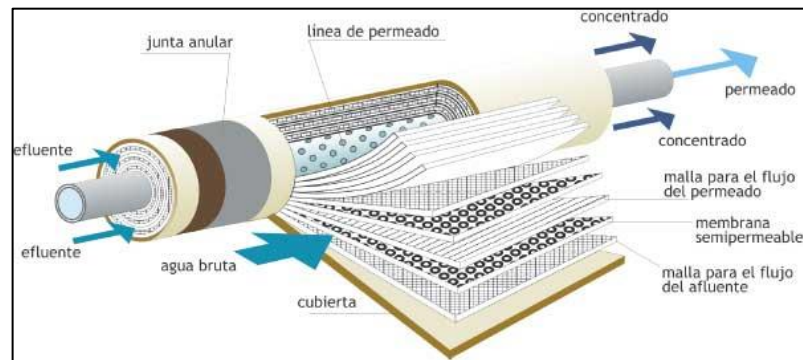
Las membranas se enrollan por pares sobre un tubo central, en el que se recoge el permeado. La solución que debe desmineralizarse circula paralelamente al tubo central, dentro de los espacios a condicionados entre las dos caras activas de las membranas por medio de unos espaciadores que en general se hacen de plástico. El líquido permeado atraviesa un material poroso y llega al tubo central. Con esta técnica puede constituirse, partiendo de membranas planas, módulos mucho más compactos que los que se introdujeron en primer lugar en el mercado, que eran membranas planas sobre placas porosas o membranas apoyadas sobre tubos. (Universidad Tecnológica Nacional, 2005, p. 117).



### Módulos de fibras huecas.

Una fibra hueca puede asimilarse a un cilindro poroso de pared gruesa, cuya resistencia es función de la relación diámetro exterior–diámetro interior. Si esta relación permanece constante en tanto que decrecen los dos diámetros, el cilindro conserva sus propiedades de resistencia, aun cuando disminuya el espesor de la pared, con lo que aumenta el caudal del agua que la atraviesa. Se consigue así una membrana de superficie máxima por unidad de volumen, capaz de resistir, sin soporte mecánico presiones elevadas (figura 14). (Universidad Tecnológica Nacional, 2005, p. 117).

**Figura 14:** Módulos de fibras huecas.



**Fuente:** La verdad Digital. (2018). Desalinización del agua marina. Disponible en: [http://servicios.laverdad.es/murcia\\_agua/cap15.htm](http://servicios.laverdad.es/murcia_agua/cap15.htm).

### Filtro pulidor.

La función de este filtro es retener los sólidos suspendidos que pasaron a través de una filtración primaria, es decir pule el filtrado hecho por otro equipo, generalmente un filtro de presión (figura 15). Detiene las impurezas pequeñas (hasta 5 micras). El objetivo del Filtro Pulidor es dar claridad y brillantez al agua. (...). Sus componentes son un portafiltro y además un cartucho filtrante intercambiable dependiendo las micras de retención (Agua purificación, 2016).

**Figura 15:** Filtro pulidor.



**Fuente:** Agua Purificación. (2016). Tratamiento del agua. Disponible: <http://aguapurificacion.com.mx/filtro-pulidor/>

### **7.14.3. Sistemas de distribución de agua.**

#### **Tipos de redes.**

(EMASESA, 2013, pág. 8) refiere que es el conjunto de tuberías y elementos de maniobra y control que permite el suministro de agua a los consumidores. La Red de Distribución comienza a la salida de la planta de tratamiento de agua y termina en el punto de conexión (llave de registro) con la instalación interior de suministro. De una manera meramente orientativa y dependiendo de su rango, podemos clasificar a las distintas conducciones que forman parte de la Red de Distribución de la forma siguiente:

#### **Red de Transporte:**

Está constituida por las conducciones que transportan el agua desde la planta de tratamiento, depósitos de regulación o estaciones de bombeo, alimentando a la Red Arterial. Generalmente la conforman los conductos de mayor diámetro y no se permite que desde la misma se realicen acometidas para los suministros, bocas de riego y tomas contra incendios.

#### **Red Arterial:**

Está constituida por las conducciones que enlazan diferentes sectores de la zona abastecida. Al igual que en la Red de Transporte, tampoco se permite realizar desde la Red Arterial acometidas para los suministros, bocas de riego y tomas contra incendios.

#### **Red Secundaria:**

Está formada por las conducciones que se conectan a la Red Arterial y de las que se derivan, en su caso, las acometidas para los suministros, bocas de riego y tomas contra incendios.

#### **Acometidas:**

Está formada por las conducciones que unen la Red Secundaria con la Instalación Interior del inmueble que se pretende abastecer.

#### **Componentes de la red.**

##### **Tubo:**

Elemento de sección transversal interior uniforme en forma de sección circular y que, en sentido longitudinal, generalmente es recto. Dependiendo de su comportamiento bajo carga, se distinguen los tipos siguientes:

**Tubo flexible:**

Es aquel cuya capacidad de carga está limitada por la deformación (ovalización y/o deformación circunferencial) que es capaz de soportar sin romperse o sin tensión excesiva (comportamiento flexible).

**Tubo rígido:**

Es aquel cuya capacidad de carga está limitada por la rotura, sin deformación significativa de la sección (comportamiento rígido).

**Tubo semirrígido:**

Es aquel cuya capacidad de carga está limitada bien por la deformación y/o la tensión excesiva (comportamiento flexible) o bien por la rotura (comportamiento rígido), en función de su rigidez anular y de las condiciones de instalación (EMASESA, 2013, pág. 9).

**Diámetros de tuberías.**

- ✓ **Diámetro interior (ID):** Diámetro interior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.
- ✓ **Diámetro exterior (OD):** Diámetro exterior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.
- ✓ **Diámetro Nominal (DN):** Designación numérica del diámetro de un componente mediante un número entero aproximadamente igual a la dimensión real en milímetros. Se puede referir tanto al diámetro interior (DN/ID), como al exterior (DN/OD) (EMASESA, 2013, pág. 12).

**Materiales de construcción de tuberías.**

(Bvsde, s,f, p. 3) refiere que los materiales de las tuberías principales incluyen:

- ✓ hierro fundido gris (HFG)
- ✓ hierro fundido dúctil (HFD)
- ✓ asbesto-cemento (AC)
- ✓ acero
- ✓ cloruro de polivinilo (PVC – tubería de presión también denominada C-900)
- ✓ madera
- ✓ polietileno de alta densidad (PEAD).

### **Unión:**

(EMASESA, 2013, pág. 9) señala que es un dispositivo que permite enlazar de forma estanca dos elementos consecutivos de la tubería. Se distinguen los sistemas de unión siguientes:

- ✓ **Uniones flexibles:** cuando permiten una desviación angular significativa, tanto durante como después de la instalación, así como un ligero desplazamiento diferencial entre ejes.
- ✓ **Uniones rígidas:** cuando no permiten una desviación angular significativa, ni durante ni después de la puesta en obra.

Otra clasificación habitual de los sistemas de unión sería la siguiente:

**Uniones autotrabadas o resistentes a la tracción:** Cuando son capaces de resistir el empuje longitudinal producido por la presión interna y, en su caso, por las fluctuaciones de temperatura y contracción de Poisson de la tubería sometida a presión interna.

**Uniones no autotrabadas o no resistentes a la tracción:** Cuando tienen un juego axial adecuado para acomodar el movimiento axial del extremo liso inducido por fluctuaciones de temperatura y contracción de Poisson de la tubería sometida a presión interna, además de la desviación angular especificada.

**Pieza especial:** Componente que, intercalado entre los tubos, permite realizar cambios de dirección o de diámetro, derivaciones, empalmes etc. (EMASESA, 2013, pág. 9).

**Válvulas:** Elementos que, instalados entre los tubos, permiten cortar o regular el caudal y la presión.

**Elemento complementario:** Es cualquier estructura, fundamentalmente pozos, arquetas, cámaras de válvulas, macizos de anclaje, etc., que intercalada en la red permite y facilita su explotación.

**Accesorios:** Elementos distintos a los tubos, piezas especiales, válvulas, uniones o elementos complementarios de la red, pero que forman parte también de la tubería (p.e., tornillos, contrabridas, collarines de toma, etc.).

## Sistemas complementarios.

### Sistema Alutronic.

El sistema Alutronic elimina el aluminio de los baños de anodizado separando las sales de aluminio del ácido sulfúrico al tiempo que recicla el ácido sulfúrico vertido devolviéndolo a los baños de anodizado. Se trata de un sistema concebido para la obtención del máximo rendimiento al trabajar de forma cíclica. Para ello dispone de 3 columnas, estando siempre 2 en fase de proceso y una en regeneración. De fácil adaptación a la producción de cada instalación, la inversión de un sistema Alutronic en plantas de gran producción se estima que se amortiza en tan solo 18 meses por el ahorro de ácido y depuración de vertidos que conlleva. (ALSAN, 2017).

**Figura 16:** Equipo Alutronic, recuperación de ácido sulfúrico en anodizado.



**Fuente:** Alsan. (2017). Alutronic Recuperación de Ácido Sulfúrico. Disponible: <http://www.alsan.es/maquinaria-especializada/recuperacion-acido-alutronic/>.

### Calderas de vapor.

(ACHS, s, f, p. 3) menciona que la caldera es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica.

### Generador de vapor.

Se llama así al conjunto o sistema formado por una caldera y sus accesorios. En la práctica se habla de “calderas” refiriéndose a todo el conjunto o “generador de vapor”.

Las calderas o generadores de vapor son dispositivos cuyo objetivo es el de generar agua caliente para calefacción y uso general, para plantas de fuerza, procesos industriales o calefacción. Funcionan mediante la transferencia de calor, producido generalmente al quemarse un combustible, el que se le entregue a agua contenida o que circula dentro de un recipiente metálico, en toda caldera se distinguen dos zonas importantes:

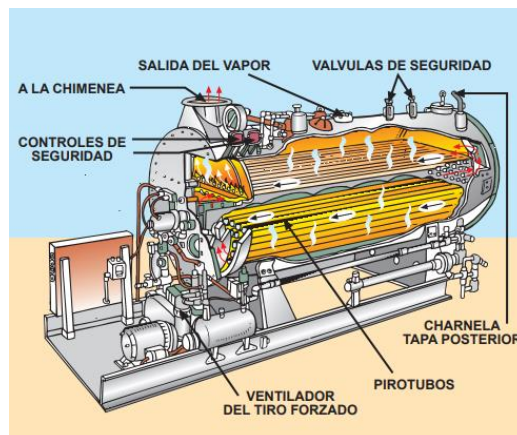
### **Zona de liberación de calor u hogar o cámara de combustión.**

Es el lugar donde se quema el combustible, puede ser interior o exterior con respecto al recipiente metálico.

### **Zona de tubos.**

Es la zona donde los productos de la combustión (gases o humos) transfieren calor al agua principalmente por convección (gases-agua). Está constituida por tubos dentro de los cuales pueden circular los humos o el agua.

**Figura 17:** Caldera Cleaver-Brooks, de cuatro pasos, pirotubular.



**Fuente:** Maqfrio. (2016). Chiller industrial. Disponible: <http://www.maqfriorefrigeracao.com.br/chiller-industrial>.

### **Filtro prensa.**

El Filtro Prensa es uno de los medios más eficientes de separación líquido/sólido a través de filtración a presión; tanto para filtración de soluciones como para reducción de volumen de lodos. Brinda un método simple y confiable de alta presión de compactación para comprimir y deshidratar sólidos en tortas de concentración, está equipado con placas filtrantes ligeras de polipropileno resistentes a la corrosión (selladas, no selladas, y membrana) y pueden ser

diseñadas con un separador de placas automático para una remoción fácil y segura de los sólidos compactados (ACS Medio Ambiente, s,f).

**Figura 18:** Filtro prensa de placas y marco.



**Fuente:** ACS Medio Ambiente. (s, f). Filtro prensa. Disponible: <http://www.acsmedioambiente.com/filtrosprende.html#>.

### **Intercambiadores de calor.**

(Guillén , 2014, p. 19) refiere que los intercambiadores de calor son dispositivos que facilitan el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a diferentes temperaturas y evitan al mismo tiempo que se mezclen entre sí. En un intercambiador la transferencia de calor suele comprender convección en cada fluido y conducción a través de la pared que los separa. Entre las principales razones por las que se utilizan los intercambiadores son para el calentamiento, enfriamiento y cambio de fase de los fluidos. Los intercambiadores de calor se clasifican de la manera siguiente:

#### **Contacto indirecto o recuperadores:**

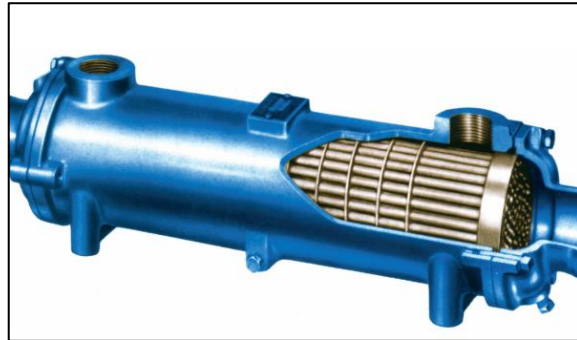
##### ✓ **Tubos concéntricos o doble tubo.**

(Tsoluciona, 2017) menciona que los equipos de doble tubo son los más sencillos que existen. Están conformados por dos piezas concéntricas de diferente diámetro. Uno de los fluidos circula por el interior del más pequeño y el otro lo hace por el espacio anular entre ambos tubos.

##### ✓ **Coraza y tubos.**

(Tsoluciona, 2017) señala que los intercambiadores de coraza y tubos son muy utilizados en la industria. Como el nombre indica, sus componentes básicos son una coraza y multitud de tubos.

**Figura 19:** Intercambiador de calor de tubos y coraza.



**Fuente:** Bastan tecnologías. (s, f). intercambiadores de calor pila agua/aceite.

Disponible: <http://www.bastantecnologies.com/producto/intercambiadores-de-calor-pila-agua-aceite/>.

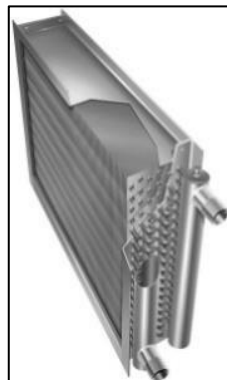
### ✓ **Evaporadores.**

Se encuentran siempre completamente llenos de refrigerante líquido, regulándose la alimentación mediante una válvula de flotador, la cual mantiene constante el nivel de líquido en el evaporador. Preferentemente son utilizados en aplicaciones industriales.

#### ▫ **Serpentín.**

El serpentín es un elemento que se aloja en el interior de algunos depósitos de acumulación de agua, (...). El serpentín tiene la forma de una tubería enrollada con forma de espiral por la que circula el fluido caloportador. Se ubica en el interior del depósito (idealmente en la parte baja) en contacto directo con el agua de consumo para calentarla. (COINTRA, 2018).

**Figura 20:** Serpentín de calentamiento.



**Fuente:** MONARO. (s, f). Serpentes de calentamiento y enfriamiento, Disponible: <http://www.monarocr.com/serpentes-de-calentamiento-y-enfriamiento/>



### ▫ Chiller.

Un chiller es una unidad enfriadora de líquidos capaz de enfriar el ambiente usando la misma operación de refrigeración que los aires acondicionados o deshumificadores, enfría el agua, aceite o cualquier otro fluido. Esta solución enfriada puede ser usada en un amplio rango de operaciones. (...). Los chiller para enfriar agua, incorporan el uso de torres de enfriamiento las cuales mejoran la termodinámica de los chillers en comparación con los chillers para enfriar aire. (Quiminet, 2006).

**Figura 21:** Chiller industrial.

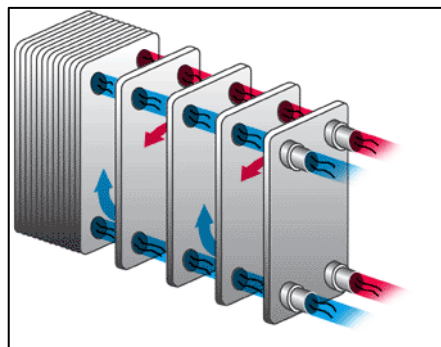


**Fuente:** Maqfrio. (2016). Chiller industrial. Disponible: <http://www.maqfriorefrigeracao.com.br/chiller-industrial>

### Placas.

Los sistemas de placas están ensamblados a base de una sucesión de láminas de metal, armadas todas en un bastidor y separadas por juntas fijadas a una coraza de acero. La conexión entre las láminas permite que entre la primera y la segunda fluya un determinado fluido, entre la segunda y la tercera otro y así sucesivamente (Tsolucion, 2017).

**Figura 22:** Intercambiador de calor de placas.



**Fuente:** JIAWEI. (2013). Braze Plate Heat Exchanger Feature. Disponible: <http://www.jiawei-phe.com/Brazed-Plate-Heat-Exchanger.html>

**Compacto.**

Es diseñado específicamente para lograr una gran área superficial de transferencia de calor por unidad de volumen. Los intercambiadores compactos permiten lograr razones elevadas de transferencia de calor entre dos fluidos en un volumen pequeño y son de uso común en aplicaciones con limitaciones estrictas con respecto al peso y el volumen de esos aparatos (Jaramillo, 2007, p. 7).

**Regeneradores.**

Un intercambiador regenerativo es aquel donde se utiliza el mismo fluido (el fluido caliente y el fluido frío es el mismo). Esto es, el fluido caliente abandona el sistema cediendo su calor a un regenerador y posteriormente regresando al sistema. Los intercambiadores regenerativos son comúnmente utilizados en sistemas con temperaturas altas donde una porción del fluido del sistema se remueve del proceso principal y éste es posteriormente integrado al sistema. Ya que el fluido que es removido del proceso principal contiene energía (energía interna, mal llamado calor), el calor del fluido que abandona el sistema se usa para recalentar (regenerar) el fluido de regreso en lugar de expeler calor hacia un medio externo más frío lo que mejora la eficacia del intercambiador (Jaramillo, 2007, p. 7).

**Contacto directo:****Torres de enfriamiento.**

Una torre de enfriamiento, al igual que cualquier intercambiador de calor, intercambia todo el calor que recibe de un fluido hacia otro fluido. Para una torre de enfriamiento, el calor del agua se transfiere al aire. El proceso de la planta incorpora de nuevo calor al agua, típicamente en otro intercambiador de calor, tal como un condensador. Una torre de enfriamiento difiere de muchos intercambiadores de calor en que éste se transfiere de dos formas: calor sensible y calor latente. A medida que el calor se transfiere desde el agua, la temperatura del aire se incrementa (sensible) y el contenido de agua del aire, o la humedad, se incrementa también (latente). (Marley, s,f, p. 4).

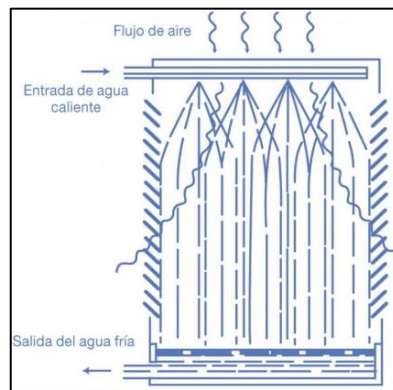
**Clasificación de las torres de enfriamiento.**

La forma más simple y usual de clasificar las torres de enfriamiento es según la forma en que se mueve el aire a través de éstas. Según este criterio, existen torres de circulación natural y torres de tiro mecánico. (Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, 2015).

### ✓ Torres de circulación natural.

Una torre de tiro natural es aquella en la que el aire es inducido por una gran chimenea situada sobre el relleno. La diferencia de densidades entre el aire húmedo caliente y el aire atmosférico es el principal motivo por el cual se crea el tiro de aire a través de la torre, junto con la velocidad del viento. Por ambos motivos, las torres de tiro natural han de ser altas y, además, deben tener una sección transversal grande para facilitar el movimiento del aire ascendente. Estas torres son muy indicadas para enfriar grandes caudales de agua (Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, 2015).

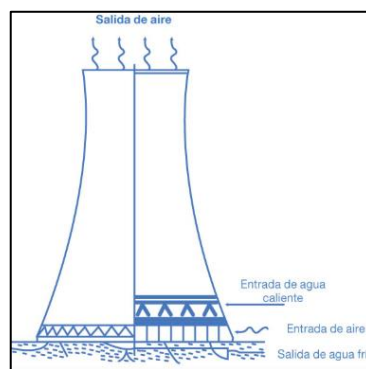
**Figura 23:** Torre de rociado vertical.



**Fuente:** Revista Cero gradoscelcius. (2016). Un gran clásico torres de enfriamiento.

Disponible: <https://www.0grados.com/gran-clasico-torres-enfriamiento/>

**Figura 24:** Torre de rociado hiperbólico o chimenea.



**Fuente:** Revista Cero gradoscelcius. (2016). Un gran clásico torres de enfriamiento.

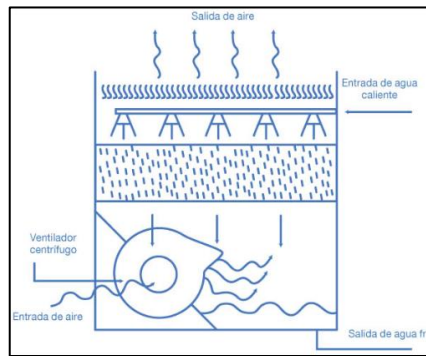
Disponible: <https://www.0grados.com/gran-clasico-torres-enfriamiento/>

### ✓ Torres de tiro mecánico.

Se trata de torres compactas, con una sección transversal y una altura de bombeo pequeñas en comparación con las torres de tiro natural. En estas torres se puede controlar de forma precisa

la temperatura del agua de salida, y se pueden lograr valores de acercamiento muy pequeños (...). Si el ventilador se encuentra situado en la entrada de aire, el tiro es forzado. Cuando el ventilador se ubica en la zona de descarga del aire, se habla de tiro inducido. (Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, 2015).

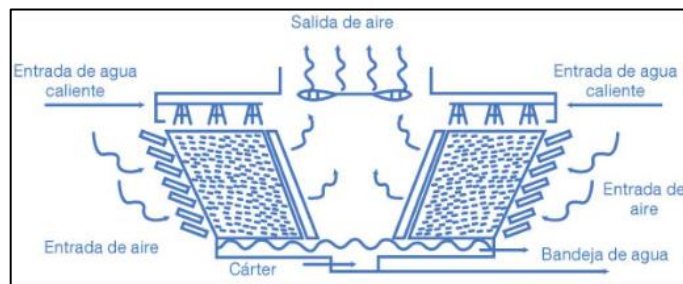
**Figura 25:** Torre de tiro forzado en contraflujo.



**Fuente:** Revista Cero gradoscelcius. (2016). Un gran clásico torres de enfriamiento.

Disponible: <https://www.0grados.com/gran-clasico-torres-enfriamiento/>

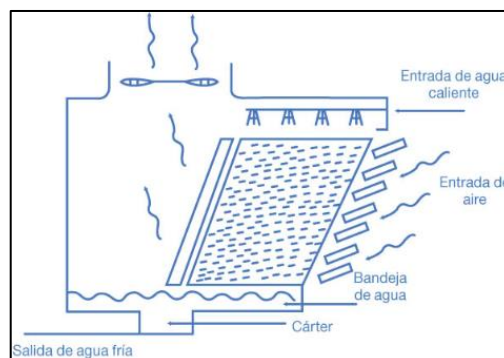
**Figura 26:** Torre de tiro inducido en flujo cruzado con doble entrada.



**Fuente:** Revista Cero gradoscelcius. (2016). Un gran clásico torres de enfriamiento. Disponible:

<https://www.0grados.com/gran-clasico-torres-enfriamiento/>

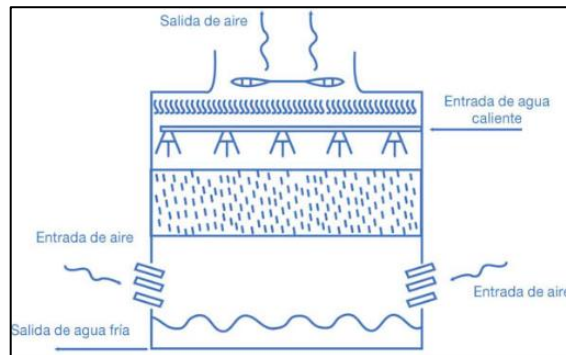
**Figura 27:** Torre de tiro inducido en flujo cruzado con entrada de aire sencilla.



**Fuente:** Revista Cero gradoscelcius. (2016). Un gran clásico torres de enfriamiento.

Disponible: <https://www.0grados.com/gran-clasico-torres-enfriamiento/>

**Figura 28:** Torre de tiro inducido en contra flujo.



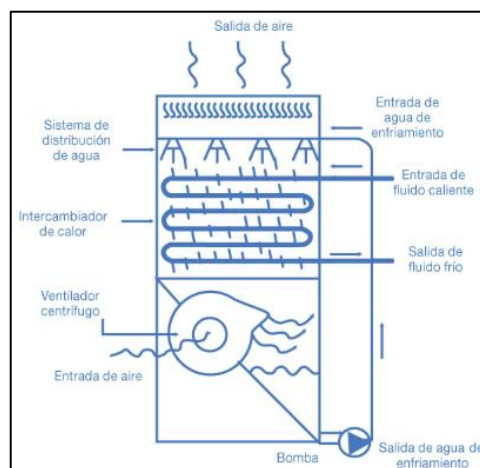
**Fuente:** Revista Cero gradoscelcius. (2016). Un gran clásico torres de enfriamiento. Disponible: <https://www.0grados.com/gran-clasico-torres-enfriamiento/>

✓ **Torre de flujo cruzado (tiro inducido).**

En las torres de flujo cruzado, el aire circula en dirección perpendicular respecto al agua que desciende (figura 28 y 29).

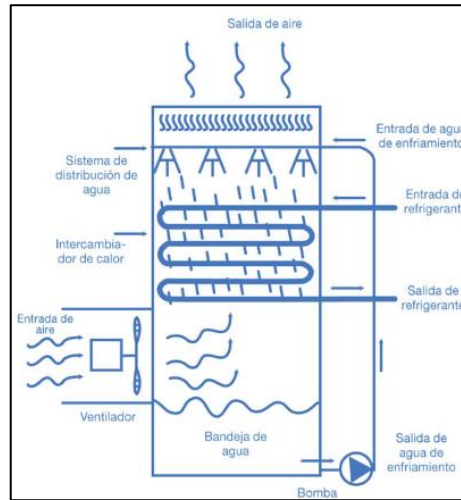
Estas torres tienen una altura menor que las torres de flujo a contracorriente, ya que la altura total de la torre es prácticamente igual a la del relleno (...). La principal desventaja de estas torres es que no son recomendables para aquellos casos en los que se requiera un gran salto térmico y un valor de acercamiento pequeño, puesto que ello significará más superficie transversal y más potencia de ventilación, que en el caso de una torre de flujo a contracorriente. (Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, 2015).

**Figura 29:** Torre de flujo cruzado cerrada.



**Fuente:** Revista Cero gradoscelcius. (2016). Un gran clásico torres de enfriamiento. Disponible: <https://www.0grados.com/gran-clasico-torres-enfriamiento/>

**Figura 30:** Torre de flujo cruzado abierta.



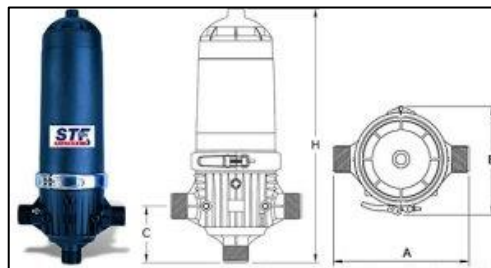
**Fuente:** Revista Cero gradoscelcius. (2016). Un gran clásico torres de enfriamiento.

Disponible: <https://www.0grados.com/gran-clasico-torres-enfriamiento/>

### Filtros de anillas.

El filtro de anillas es un tipo de filtro que realiza filtración en profundidad, y cuyo elemento filtrante está compuesto de una pila de anillas ranuradas o con superficie rugosa, entre cuyas caras quedan retenidas las partículas contaminantes (figura 31). Tienen un funcionamiento especialmente positivo frente a algas y partículas orgánicas. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.).

**Figura 31:** Filtro de anillas.



**Fuente:** Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España. (2016).

Sistemas de filtrado. Disponible: <https://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/filtrado.aspx>.

### 7.15. Eficiencia en el uso del recurso hídrico en los procesos productivos.

Para el cuidado y protección del recurso hídrico en la actualidad, se están aplicando con mayor frecuencia dentro de las empresas, actividades, programas y medidas, para el ahorro y

uso eficiente del agua, y se evidencia la preocupación por parte de los organismos de control sobre este problema, como lo señala:

(ONU, 2015) afirma que el consumo y la producción sostenible consiste en fomentar el uso eficiente de los recursos y la energía, (...) el objetivo del consumo y la producción sostenibles es hacer más y mejores cosas con menos recursos.

La gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) es un proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinados del agua, la tierra y otros recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales., está basada en la idea de que los recursos hídricos son un componente integral de los ecosistemas ya que tiene un valor económico en todos sus usos. (Asociación Mundial para el Agua (GWP), 2011).

El estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de agua que se hallen en sus tierras. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

En tal sentido el cuidado y protección del recurso hídrico más allá de ser de dominio del Estado ecuatoriano, debe ser parte de las políticas y estrategias que implementen las empresas que hacen uso de este recurso, para la gestión y toma de acciones en torno a lograr su ahorro, control y uso eficiente en los procesos productivos que realicen, aportando no solo a su cuidado y protección, sino también reduciendo sus costos de producción y asegurando la sostenibilidad a largo plazo.

## **7.16. Modelos utilizados para el ahorro y uso eficiente del agua.**

### **7.16.1. Uso eficiente del agua en el proceso productivo.**

(Cot, 2013) afirma que existen dos vías que pueden ser aplicadas de forma conjunta para disminuir el impacto negativo de las actividades industriales en lo que al consumo de agua se refiere:

- ✓ Una mediante la introducción de una tecnología más limpia y menos contaminante, que disminuya la cantidad de agua necesaria en los procesos o que permita su reutilización y/o depuración. Por su elevado coste económico, algunas empresas no las pueden instalar.

- ✓ Y otra a través de la implantación de buenas prácticas ambientales de fácil acceso y aplicación por parte de todo tipo de empresas y que ayudarían a reducir el impacto de los procesos y actividades y a la vez suponen la implicación del personal, con lo se genera una actitud sostenible que se extendería también a otros ámbitos de la vida, como, por ejemplo, el doméstico.

Nos basaremos en unas pautas generales de aplicación ya que el gran número y la variedad de los procesos productivos existentes, hacen imprescindible una evaluación y adecuación de las mejoras a las necesidades de cada empresa. Para lograr el ahorro deseado de agua o la optimización de su uso, se debe entender el proceso productivo como un todo, por lo que la aplicación de medidas se realiza de forma holística y con objetivos prefijados.

### **Primer paso. Diagrama de flujo**

Ante todo, y fundamental es el conocimiento exhaustivo del uso del agua, totalmente especificado en caudales y calidades usados, pérdidas y cargas contaminantes producidas por procesos de producción, de acondicionamiento y de depuración, así como caudales y calidades de recirculación y reutilización. Una de las maneras más gráficas es disponerlo en forma de diagrama de flujos. Conocida la situación a través del diagrama, este nos puede ayudar para definir las actuaciones a realizar.

### **Segundo paso. Determinación de usos específicos.**

Conocer las necesidades reales del proceso tanto de caudales como de calidades nos permite emprender acciones que lleven a una reducción de caudales, además de apreciar problemas debidos al uso del agua tanto en el proceso como en el producto final.

### **Tercer paso. Revisión de la tecnología de fabricación.**

Esta actividad puede contemplar:

- ✓ Reducción de las cantidades de agua utilizadas.
- ✓ Reducción de la contaminación del agua del proceso.
- ✓ Reducción de las exigencias de calidad del agua del proceso.

En este momento se introduce el concepto de Mejores Técnicas Disponibles. Como consecuencia de unos equipos más tecnológicos y automatizados podemos tener de forma individual o combinada, una reducción en el coste de suministro, una reducción de la contaminación producida y menor coste de acondicionamiento.



Es una de las propuestas más difíciles de plantear en las empresas, ya que existe una elevada inercia a los cambios, sobre todo en procesos. A su vez supone una importante inversión económica.

#### **Cuarto paso. Recirculación de baños.**

Permite un ahorro elevado de agua y de productos, puede ser importante en aguas de lavado entre operación y operación, ya que son relativamente limpias y con reactivos no agotados.

#### **Quinto paso. Segregación de los efluentes a tratar.**

No todos los efluentes tienen el mismo grado de contaminación; normalmente elevados grados de contaminación los presentan caudales pequeños y muy concretos. Por ello, la separación de las diferentes corrientes de aguas de proceso contribuirá a la disminución en los volúmenes de agua a tratar y mayor rendimiento de depuración.

#### **Sexto paso. Reutilización de efluentes depurados.**

Una buena depuración permite en ciertos casos el aprovechamiento de las aguas de vertido, con una buena desinfección podemos usarlas en procesos de remojo. La osmosis inversa o la electrodiálisis son técnicas que proporcionan un agua de gran calidad y pureza que puede volver a ser utilizada sin riesgos.

Aplicando estas medidas en el grado que sea posible alcanzaremos una mejor gestión que permitirá reducir el consumo, y por tanto depender menos de suministros externos. Una menor dependencia del consumo de agua permite ser competitivo en momentos de escasez respecto a otras industrias del sector, tanto en costes como en capacidad de producción. Y además si la calidad del producto está relacionada con la calidad del agua, una adecuación y uso óptimo de la misma, permitirá adecuar calidad de agua y producto, y por tanto asegurar la calidad.

(Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial, 2010) Señala que un programa de PML implica la optimización de procesos a lo interno de la empresa. Dicha optimización involucra mejorar las prácticas operacionales. Todo lo anterior está orientado a disminuir el consumo de recursos (agua, energía eléctrica), y materias primas, sin afectar la calidad del producto. Es importante mencionar que no existe una metodología establecida concreta para llevar a cabo acciones de ahorro y uso eficiente de agua en las industrias, sin embargo, el estudio sobre el uso de agua en los procesos productivos se apega a los principios de

producción más limpia ya que esta se orienta al uso de los recursos de manera sostenible, como es en este caso el agua.

(Ministerio del Medio Ambiente República de Colombia, 2002) señala que para desarrollar las estrategias del programa de ahorro y uso eficiente de agua nos basamos en las estrategias de producción más limpia, las que a su vez se encuentran enmarcadas dentro del esquema de mejoramiento continuo: Planear, Hacer, Verificar, Actuar.

### **7.17. Herramientas para el ahorro y uso eficiente de agua.**

Las herramientas que se usan para el ahorro y uso eficiente del agua en las organizaciones, pueden variar atendiendo a las necesidades de la organización y del tipo de proceso que se realice, de entre todas estas herramientas hablaremos de las más utilizadas:

#### **7.17.1. Método de aforamiento volumétrico.**

Este método permite la estimación de flujos de agua en sistemas de tuberías abiertos, como lo manifiesta:

(Ministerio de Agricultura y Riego, 2014) refiere que este método se basa en medir el tiempo que demora en llenarse un balde de un volumen conocido, y sirve para medir caudales no muy grandes. Al dividir la capacidad del balde (litros) por el tiempo empleado (segundos) se obtiene el caudal en l/s, como se indica en la siguiente fórmula:

**Ecuación 1:** Cálculo de caudal por el método de aforamiento volumétrico.

$$\text{Caudal } \left(\frac{\text{l}}{\text{s}}\right) Q = \frac{\text{Volúmen del balde (litros)}}{\text{Tiempo que demora en llenarse (s)}}$$

Donde,

Q= Caudal de la fuente medida en l/s.

#### **7.17.2. Medidor ultrasónico TDS-100H.**

El medidor de caudal ultrasónico permite realizar mediciones indirectas en secciones serradas de tuberías para la estimación de flujos de agua, algunas de sus características se detallan como sigue:

(Tecnometrica, 2016) Señala que el equipo TDS-100H es un medidor de flujo ultrasónico fiable y preciso que se basa en el principio de la abrazadera para medir el tiempo de tránsito de un caudal. Este Medidor registra la velocidad de flujo de líquido en una tubería desde el

exterior de la tubería mediante un par de transductores ultrasónicos. En general, el líquido debe estar lleno en la tubería. El medidor es aplicable para el agua (agua caliente, agua de refrigeración, agua potable, agua de mar, etc.), las aguas residuales, el aceite (petróleo crudo, aceite lubricante, el aceite diesel, fuel oíl, etc.), productos químicos (alcohol, ácidos, etc.); los residuos; bebidas y alimentos líquidos, disolventes y otros líquidos (ver figura 32).

**Figura 32:** Medidor ultrasónico TDS-100H.



**Fuente:** Alibaba. (2018). Portable ultrasonic flow meter. Promociones. Disponible en: [http://spanish.alibaba.com/promotion/promotion\\_portable-ultrasonic-flow-meter-promotion-list.html](http://spanish.alibaba.com/promotion/promotion_portable-ultrasonic-flow-meter-promotion-list.html)

### **7.17.3. Diagramas de procesos Industriales.**

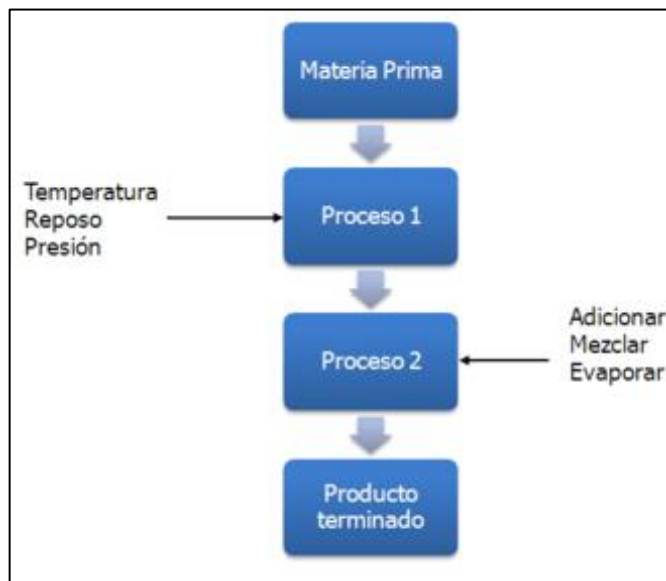
La diagramación de procesos es la representación gráfica de cómo se realiza en la vida real un proceso, en la que se muestra tanto sus operaciones, materias primas y productos, condiciones de operación, etc.

La diagramación es una herramienta que nos permite representar en forma gráfica los procesos de una empresa y observar las actividades en conjunto, sus relaciones y cualquier incompatibilidad, cuello de botella o fuente de posibles ineficiencias (Procesos Bio, 2018).

#### **Diagramas de flujo en bloque.**

Un sistema de control puede tener varios componentes. Para mostrar las funciones que lleva a cabo cada componente en la ingeniería de control, por lo general se usa una representación denominada diagrama de bloques. (Procesos Bio, 2018).

**Figura 33:** Diagrama de flujo de bloque.



**Fuente:** Proceso Bio (2018). Tipos de diagramas. Recuperado de:  
<https://procesosbio.wikispaces.com/Tipos+de+diagramas>.

Este tipo de diagrama nos permite entender el comportamiento y conexión del sistema y a su vez, esta descripción puede ser programada en simuladores que tienen un ambiente gráfico. En un diagrama de bloques se enlazan una con otra todas las variables del sistema, mediante bloques funcionales. (Procesos Bio, 2018).

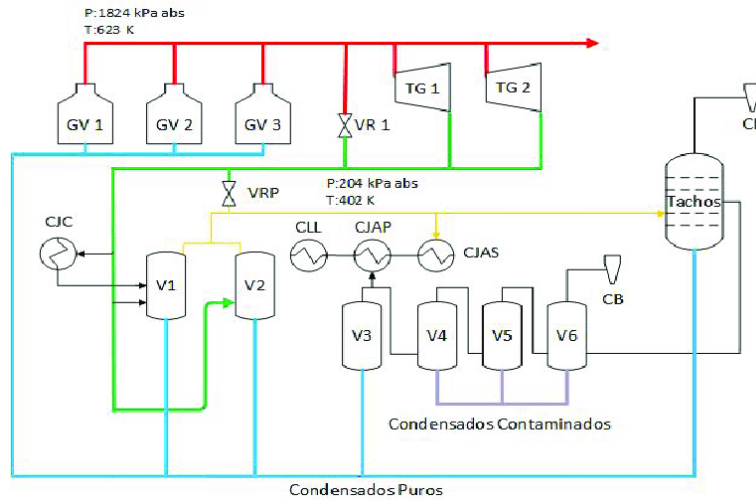
### **Ventajas de un diagrama de bloques**

- ✓ Permite ver los aspectos relevantes de un proceso.
- ✓ Muestra la secuencia con que se dan las actividades.
- ✓ Se pueden observar los antecedentes y consecuentes de cada actividad.
- ✓ Facilita una comprensión rápida del proceso

### **Diagrama de Flujo de Proceso.**

El Diagrama de Flujo de Proceso es una representación esquemática del proceso, sus condiciones de operación normal y su control básico. Éste también indica los efluentes (líquidos, gases o sólidos) emanados del proceso y su disposición. El diagrama incluye el balance de masa e información para el diseño y especificación de equipos, además sirve de guía para desarrollar el Diagrama de Tubería e Instrumentación (UNAM Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1, 2015).

**Figura 34:** Diagrama de flujo de proceso.



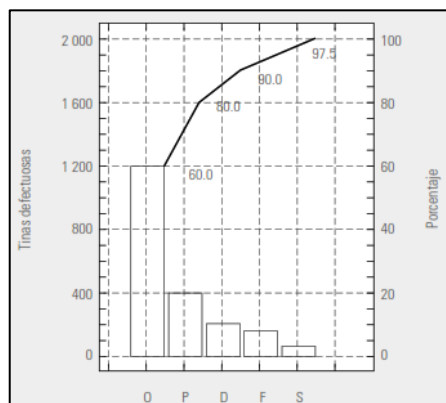
**Fuente:** Borges & Yanes. (2017). Propuestas de mejora para incrementar las entregas de energía eléctrica en el Central Elpidio Gómez. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/316688233\\_Propuestas\\_de\\_mejoras\\_para\\_incrementar\\_la\\_entrega\\_de\\_energia\\_electrica\\_en\\_el\\_central\\_Elpidio\\_Gomez](https://www.researchgate.net/publication/316688233_Propuestas_de_mejoras_para_incrementar_la_entrega_de_energia_electrica_en_el_central_Elpidio_Gomez).

### Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto (DP) es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es escoger un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo. El diagrama se sustenta en el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que sólo unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%); el resto genera muy poco del efecto total. De la totalidad de problemas de una organización, sólo unos cuantos son realmente importantes. (Gutiérrez Pulido, 2010, p. 179).

**Figura 35:** Diagrama de Pareto de primer nivel.



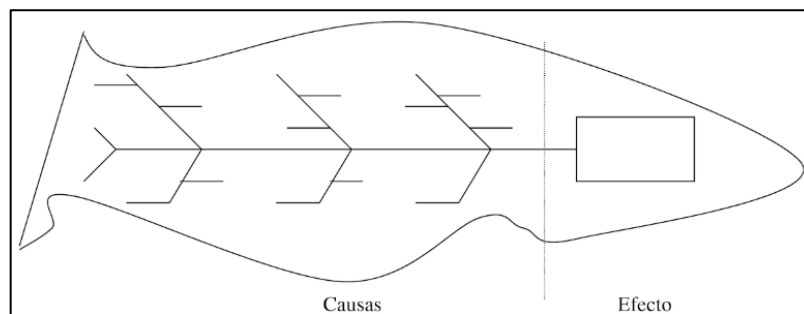
**Fuente:** Gutiérrez. H. (2010). Calidad total y productividad.

### Diagrama Causa-efecto.

(Amoletto, 2000, p. 70) Señala que este diagrama se utiliza para representar la relación entre algún efecto y todas las causas posibles que lo pueden originar. Generalmente, se lo representa con la forma del espinazo de un pez, de donde toma el nombre alternativo de Diagrama de espina de pescado. También se lo llama de Ishikawa que es quien lo impulso. Los diagramas de causa efecto se construyen para ilustrar con claridad cuáles son las posibles causas que producen el problema. Un eje central se dirige al efecto. Sobre el eje se disponen las posibles causas. El análisis causa-efecto, es el proceso mediante el que se parte de una definición precisa del efecto que se desea estudiar.

**El método de construcción de las 6M.** Es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. (...) estos seis elementos definen, de manera global, todo proceso, y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M. (Gutiérrez Pulido, 2010, p. 192).

**Figura 36:** Diagrama causa-efecto.



**Fuente:** Amoletto, E. (2000). Administración de la producción como ventaja competitiva. Recuperado de : <https://books.google.com.ec/books?id=ldnOKZ0bF2cC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

### Matriz de priorización.

Esta herramienta se utiliza para priorizar actividades, temas, características de productos/ servicios, etc., en base a criterios de ponderación conocidos utilizando una combinación de las técnicas de Diagrama de árbol y Diagrama Matricial Fundamentalmente, son herramientas utilizadas para la toma de decisión. En algún momento de toda planificación o metodología de mejora, es necesario decidir que es más necesario o más importante hacer para la organización y cuando realizarlo, es decir, establecer prioridades. Las Matrices de Priorización permiten

realizar estas tomas de decisión de una forma objetiva. (Vilar Barrio, Gómez Fraile, & Tejero Monzón, 1997, p. 69).

(Hernández, 2007, p. 33) refiere que una matriz de criterios o priorización es una herramienta para evaluar opciones basándose en una determinada serie de criterios explícitos que el grupo ha decidido que es importante para tomar una decisión adecuada y aceptable. En la tabla, se muestra un ejemplo de la forma en que se puede plantear una matriz de criterios o priorización.

**Figura 37:** Ejemplo de una matriz de criterios o de priorización.

Opciones	Criterios				Total
	C#1	C#2	C#3	C#4	
Opción 1					
Opción 2					
Opción 3					

**Fuente:** Hernández. A. (2007). Ahorro y uso eficiente del recurso agua en una empresa del sector de acetites y grasas vegetales. Recuperado de: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/14043>

A continuación, se explican las actividades a tener en cuenta para desarrollar y realizar una matriz de priorización:

- ✓ Haga una lista con las opciones a evaluar y elija los criterios para tomar la decisión: Cerciórese de que todos los miembros entiendan el significado de las opciones, eligiéndolas por votación según su importancia/pertinencia (Costo, Apoyo de la Gerencia, Eficiencia).
- ✓ Dibuje la matriz e indique las opciones y los criterios.
- ✓ Determine la escala para la calificación de las opciones en relación con cada criterio: Las formas de calificar las opciones pueden ser Simples (cumplimiento de un criterio vs opción), Común (opción vs cumplimiento de un criterio) o Complejas (puntajes/valores para cada criterio y se califica la opción).
- ✓ Sume el valor total de cada opción sumando la calificación de cada criterio.

## **8. HIPÓTESIS**

Si se aplica un sistema de acción de mejoras en los procesos productivos de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga, se logrará la reducción de pérdidas, y ahorros para el uso eficiente del agua.

### **8.1. V. independiente.**

El sistema de acción de mejoras en los procesos productivos de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga.

### **8.2.V. dependiente.**

La reducción de pérdidas, y ahorros para el uso eficiente del agua.

## **9. METODOLOGÍAS:**

### **9.1. Métodos de investigación.**

Los métodos que a continuación se muestran permiten la realización del presente estudio de investigación.

#### **9.1.1. Método hipotético-deductivo.**

A través de este método se parte de la observación del proceso industrial, se crea la hipótesis, se deduce posteriormente que al reducir las pérdidas de agua en los procesos productivos de la Planta CEDAL S.A, se logra el ahorra y uso eficiente, al final la hipótesis fue aceptada como verdadera.

#### **9.1.2. Método inductivo-deductivo.**

Este método se aplica para la caracterización de cada una de las etapas del desarrollo productivo de la de la plata CEDAL S.A., comprendidas por la extracción, tratamiento, distribución y uso del agua, hasta llegar a las consideraciones de la influencia que estos tienen en la eficiencia productiva de la empresa.

#### **9.1.3. Método de investigación cuantitativa.**

El uso de este método permite la medición de las variables del objeto de estudio, en este caso de uso de agua, partiendo del marco conceptual adecuado de cómo reducir las pérdidas de agua existentes en los procesos productivos, de la planta CEDAL S.A., para el ahorro y uso eficiente.



## **9.2. Tipos de investigación.**

### **9.2.1. Investigación de campo.**

La investigación de campo se usa para este estudio porque permite estudiar la situación actual del uso de agua en la plata, a través del manejo de las variables in situ, que permitan diagnosticar los problemas que la afectan, para aplicar los conocimientos de manera práctica a fin de darles solución.

### **9.2.2. Investigación descriptiva.**

El tipo de investigación descriptiva es usada en este estudio para describir, graficar y e identificar los aspectos más relevantes sobre el uso del agua, que conlleven a la resolución del problema en cuestión. Este es guiado por la hipótesis del trabajo la cual es, si se reducen las pérdidas de agua existentes en los procesos productivos de la Planta CEDAL S.A, se logrará su ahorro y uso eficiente, de forma descriptiva, la misma que será puesta a prueba.

### **9.2.3. Investigación explicativa.**

Se utiliza esta investigación ya que el presente estudio busca determinar las causas y consecuencias de las pérdidas y el uso ineficiente del agua, para que de esta forma permita la resolución del problema.

## **9.3. Técnicas de investigación.**

### **9.3.1. Observación.**

Sin duda la técnica de la observación permite identificar en primera instancia como se hace uso del agua tanto del pozo N° 1 como de la red pública, para identificar todo el sistema, los subprocesos que hacen uso de agua, realizar el diagrama de flujo de procesos y hacer el balance de uso de agua, para luego analizar problemas.

### **9.3.2. Encuesta.**

La encuesta como técnica, permite que se realice la recopilación de información con la aplicación de un cuestionario de preguntas al personal directivo, técnico y trabajadores de la empresa CEDAL S.A., para obtener información directa con los involucrados del problema.

## **9.4. Herramientas estadísticas.**

### **9.4.1. Media.**

La media se usa para el análisis de los datos recopilados de las mediciones directa e indirecta de flujos de caudales en puntos estratégicos de uso.

### **9.4.2. Varianza.**

Esta herramienta permite determinar la media de sus desviaciones cuadráticas frente a la media de los datos recopilados producto de las mediciones realizadas en producción normal dentro de la planta, y establecer cuan homogéneos son los valores.

### **9.4.3. Desviación estándar.**

Con la ayuda de la desviación estándar se establece el grado de dispersión de los datos entre sí y respecto de su media, y con ello determinar el valor con el que estos se dispersan unos de otros.

### **9.4.4. Coeficiente de variación.**

El coeficiente de variación permite medir el grado de error presente en los datos recabados de las mediciones de caudal realizados en los sistemas abiertos y cerrados en producción normal, y analizar la calidad de los datos con los que se está trabajando.

### **9.4.5. Muestra poblacional.**

La muestra poblacional permite establecer el número de encuestas que se realizarán, para que estas brinden credibilidad a los resultados obtenidos, en base a la población global que está compuesta por el personal directivo, técnico y colaboradores de la planta.

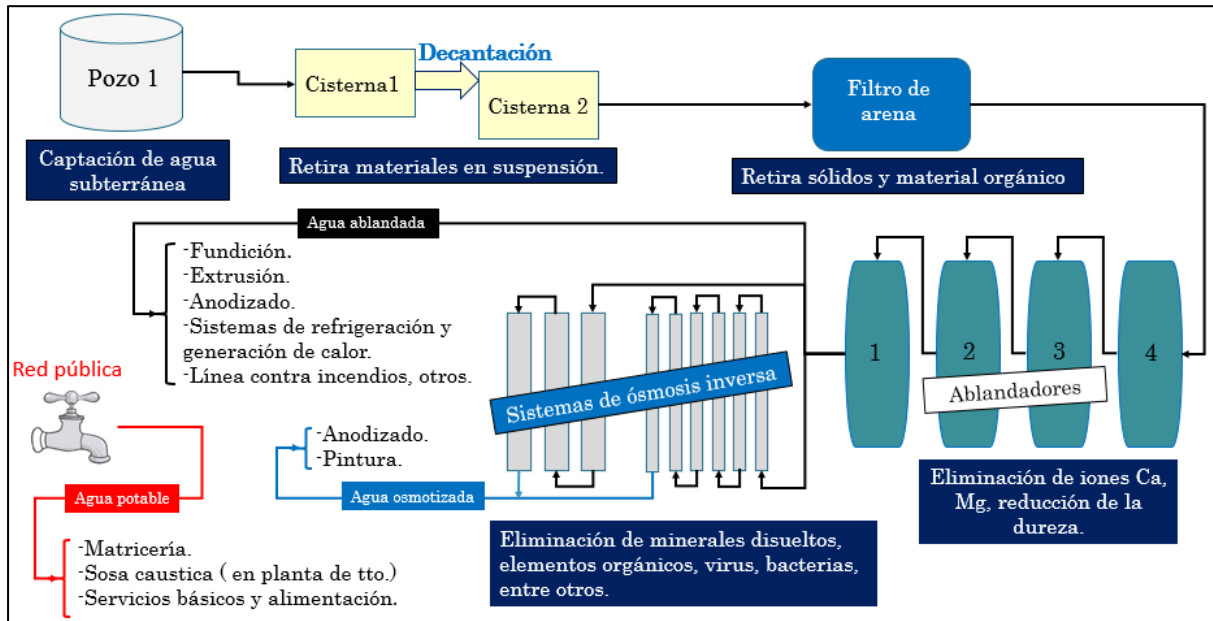
## **10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.**

### **10.1. Situación actual de la planta.**

#### **10.1.1. Visita in situ y recorrido por todos los procesos productivos de la planta.**

De la visita in situ realizada en primera instancia se identifican las diferentes áreas productivas y subprocesos en donde se hace uso de agua que proviene tanto de afluentes subterráneos, como de la red pública de agua potable. Se realiza un recorrido breve por todo el sistema de tuberías y por los tratamientos previos realizados para tratar el agua subterránea para su uso posterior en cada proceso.

**Figura 16.** Fases de extracción, tratamiento y distribución de agua, CEDAL S.A planta Latacunga.



**Elaborado por:** el autor.

En la representación de las fases de extracción, tratamiento y distribución del sistema de agua (figura 16) se observa que la gran parte del agua usada en los procesos productivos de la Planta CEDAL S.A., Latacunga, provienen de la captación de aguas subterráneas (ver figura 99 anexo 4), las cuales posteriormente reciben un pretratamiento de decantación (ver figura 100 anexo 4) la cual permite retirar materiales en suspensión por efecto de la gravedad reteniendo residuos de gran tamaño, el proceso de filtración por arena (figura 101 anexo 4), el cual se encarga de retirar sólidos en suspensión y material orgánico que no se logran retener en el proceso anterior, y son eliminados por medio del retrolavado (accionamiento manual de la válvula del filtro de arena), luego el agua obtenida recibe un pretratamiento de ablandado (ver figura 102 anexo 4), en el cual se retiran a través de intercambio iónico con la adición de cloruro de sodio NaCl (salmuera), en su mayoría el exceso de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  que posee este tipo de agua subterránea y que le brinda la dureza característica al agua.

El tratamiento final que recibe es el osmotizado (ver figura 104 anexo 4), en la cual el agua es forzada a pasar a través de una membrana semipermeable con una presión tal que venza la presión osmótica y que permita de esta forma retener con mayor eficacia minerales disueltos, elementos orgánicos, virus, bacterias, entre otros, otorgándole al agua las características requeridas para los procesos posteriores que realiza la planta, evitando así disminuir la calidad de sus productos, reducir la productividad, y ocasionar daños en los equipos y deterioro del sistema de tuberías, en las áreas de anodizado, pintura, fundición, extrusión y matricería. De

estos tratamientos antes mencionados se genera un residuo (pérdida de agua como desecho), la cual evidentemente es necesario para evitar la acumulación de desechos, como sucede en el filtro de arena que se realiza un retrolavado una vez por día, en el proceso de ablandado que se elimina agua en forma de desecho por cada ciclo de regeneración durante todo el día, de forma similar se realiza en el proceso de ósmosis inversa en el que se elimina agua con altos contenidos de sales continuamente en forma de desecho.

Otra parte del agua extraída y tratada se pierde como merma del proceso, en los baños de las tinas de anodizado (figura 137 anexo 4), pintura (figura 149 anexo 4), en el proceso de conformación de lingotes del área de fundición (figura 162 anexo 4), en el equipo de recuperación de ácido (equipo Alutronic) (ver figura 122 anexo 4), en purgas de las calderas de generación de vapor (figura 121, 123 de anexo 4), y en los extractores de vapor de la tina de soda caustica. (figura 129 anexo 4). Tanto los desechos generados en los tratamientos de agua, las pérdidas ocasionadas intrínsecas del proceso, y los usos de agua en cada fase no han sido estimados debido a la falta de registros reales que lleven a su adecuado control, y permitan determinar si la eficiencia de estos equipos, tratamientos, y sistemas de distribución de agua, están trabajando dentro de los parámetros establecidos por el fabricante y de los requerimientos de la planta.

### **10.1.2. Aplicación de encuestas al personal directivo, técnico y colaboradores.**

Por medio de la aplicación de encuestas al personal directivo, técnico y colaboradores de la planta CEDAL S.A., se determina el estado actual en que se encuentra el sistema de abastecimiento de agua para los distintos procesos productivos.

#### **Tamaño de la muestra.**

**Ecuación 2:** Cálculo del tamaño de la muestra para poblaciones finitas.<sup>2</sup>

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2 (N - 1)}{z^2 pq}}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

---

<sup>2</sup> **Fuente:** Morales, P. (2012). (Estadística aplicada a las ciencias sociales). Universidad Pontificia Comillas de Madrid. recuperado de: <http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%flomuestra.pdf>

e = Margen de error.

z = Errores típicos

p = Proporción de respuestas en una categoría.

q = Proporción de respuestas en la otra categoría.

En base al tamaño de la población que es de 212 personas, se determina el número de encuestas realizadas, considerando un margen de error del 5 %, con un margen de confianza del 95 % es decir con  $z = 1,96$ , y con p y q de 0,5 respectivamente, se obtiene.

$$n = \frac{212}{1 + \frac{0,05^2 (212-1)}{1,96^2 * 0,5 * 0,5}}$$

n = 136 Encuestas

### Análisis de resultados

**Pregunta 1:** ¿Conoce el tipo de agua que se usa en su área de trabajo?

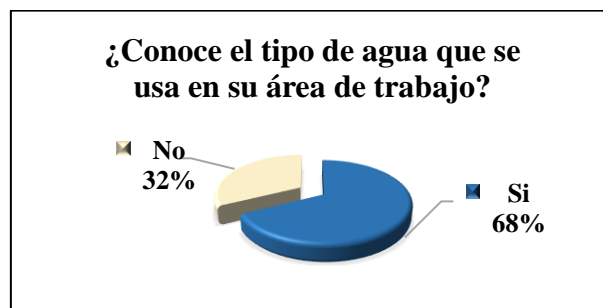
**Tabla 5:** Resultados tabulados, pregunta 1.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	92	68%
No	44	32%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor.

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 38:** Estadística gráfica, pregunta 1.



Elaborado por: El autor

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Análisis e interpretación.** Un 68 % de los encuestados tiene conocimiento del tipo de agua que se usa en su área de trabajo a la que pertenece, esto quiere decir que existe un desconocimiento de 44 personas sobre el tipo de agua usado, esto consecuentemente provoca que no se valore el recurso en términos económicos y de disponibilidad, así como también la solución de eventualidades ocasionadas por la falta de este recurso.

**Pregunta 2:** ¿Existe deficiencia de agua en alguna etapa del proceso productivo?

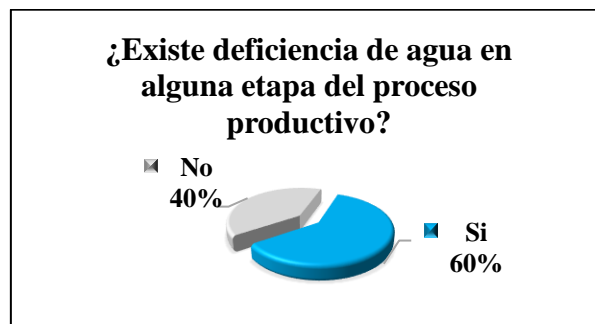
**Tabla 6:** Resultados tabulados, pregunta 2.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	82	60%
No	54	40%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 39:** Estadística gráfica, pregunta 2.



**Elaborado por:** El autor.

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Análisis e interpretación.** El 60 % del personal encuestado menciona que existen deficiencias del recurso hídrico para el correcto desempeño del proceso productivo y el 40 % afirma lo contrario, lo que significa que existe un cuello de botella dentro del proceso que no ha sido identificado y no permite disponer de agua suficiente para llevar a cabo las actividades productivas.

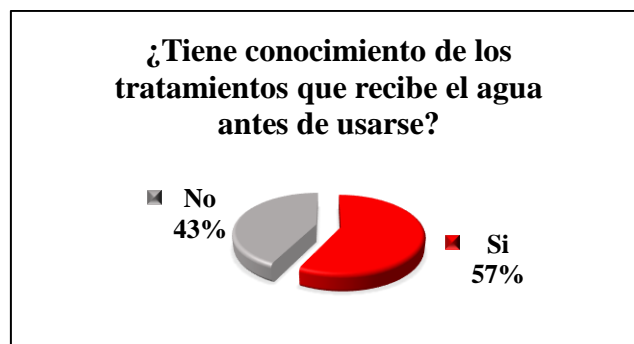
**Pregunta 3:** ¿Tiene conocimiento de los tratamientos que recibe el agua antes de usarse?

**Tabla 7:** Resultados tabulados, pregunta 3.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	78	57%
No	58	43%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 40:** Estadística gráfica, pregunta 3.

Elaborado por: El autor

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Análisis e interpretación.** El 57 % manifiesta que tiene conocimiento de los tratamientos a los que es sometida el agua subterránea antes de ser usada, mientras que el 43 % desconoce los tratamientos previos realizados, lo que evidencia la poca información que disponen sobre temas relacionados al tratamiento de aguas subterráneas dentro de la planta.

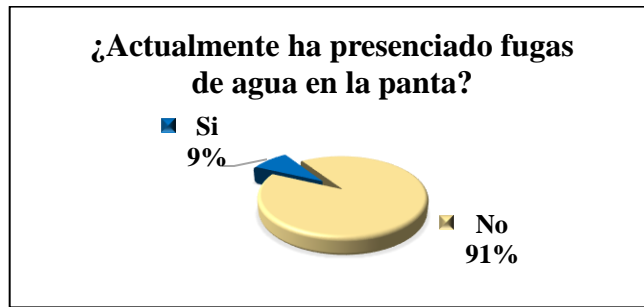
**Pregunta 4:** ¿Actualmente ha presenciado fugas de agua en la planta?

**Tabla 8:** Resultados tabulados, pregunta 4.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	12	9%
No	124	91%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 41:** Estadística gráfica, pregunta 4.

**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Análisis e interpretación.** Se observa que el 91% de los encuestados refiere no haber presenciado ningún problema de fugas dentro de la planta, mientras que el 9 % del personal lo confirma, esto presenta una oportunidad para realizar acciones para el ahorro y uso eficiente del agua en alguna parte estratégica del sistema.

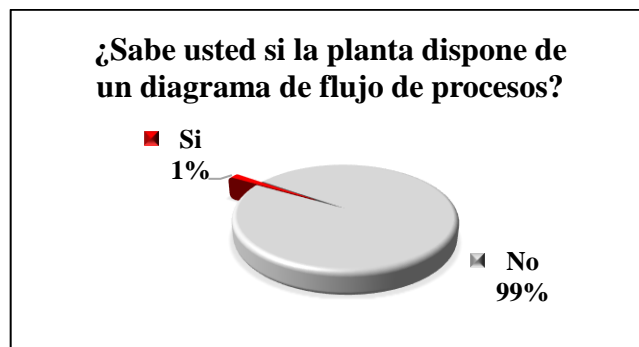
**Pregunta 5:** ¿Sabe usted si la planta dispone de un diagrama de flujo de procesos?

**Tabla 9:** Resultados tabulados, pregunta 5.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	2	1%
No	134	99%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 42:** Estadística gráfica, pregunta 5.

**Elaborado por:** El autor.

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.



**Análisis e interpretación.** Tan sólo el 1 % del personal encuestado menciona que en la planta se dispone de un diagrama de flujo de procesos, por el contrario, el 99 % dice no disponer, lo cual es evidente que, el disponer de un diagrama de flujo de procesos es de gran utilidad para el control del sistema de distribución de agua en toda la planta, y permite identificar fallos y realizar correcciones oportunas.

**Pregunta 6:** ¿Existe alguna etapa dentro del sistema de agua que este siendo ineficiente?

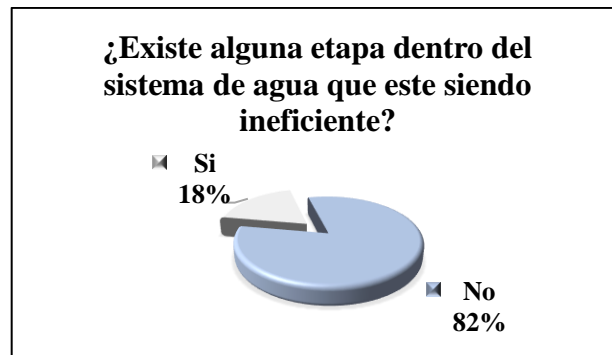
**Tabla 10:** Resultados tabulados, pregunta 6.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	25	18%
No	111	82%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 43:** Estadística gráfica, pregunta 6.



Elaborado por: El autor

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Análisis e interpretación.** El 82 % afirma que el sistema no está siendo ineficiente en alguna de sus etapas, mientras que el 18 % señala que dentro de alguna de sus etapas existen sistemas que no son eficientes, lo que significa que se pueden aplicar acciones para mejorar la eficiencia de los sistemas en alguna de sus etapas.

**Pregunta 7:** ¿Conoce usted la cantidad de agua que se consume en su área de trabajo?

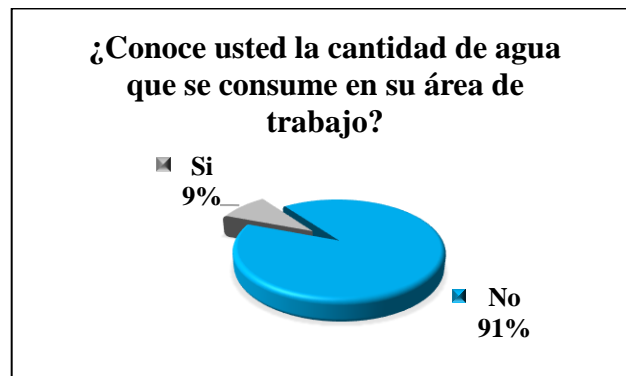
**Tabla 11:** Resultados tabulados, pregunta 7.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	12	9%
No	124	91%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor.

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 44:** Estadística gráfica, pregunta 7.



Elaborado por: El autor

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Análisis e interpretación.** Solo un 9% de los encuestados asegura conocer la cantidad de agua usada en su área de trabajo, mientras que el 91% del personal desconoce los usos reales de agua, esto evidencia que es de gran importancia realizar un balance de agua de toda la planta.

**Pregunta 8:** ¿Se aplican acciones de ahorro y uso eficiente de agua dentro de la empresa?

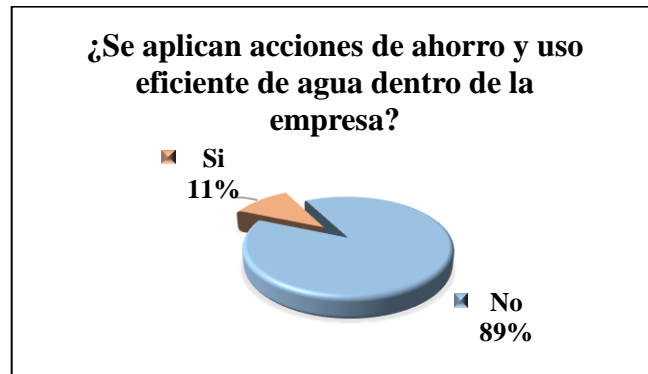
**Tabla 12:** Resultados tabulados, pregunta 8.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	15	11%
No	121	89%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

Fuente: Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 45:** Estadística gráfica, pregunta 8.



**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Análisis e interpretación.** El 89 % de las personas que fueron encuestadas manifestaron que dentro de la planta no se aplican acciones de ahorro y uso eficiente de agua, por otro lado, un 11 % respondió que sí, lo que puede ser por el hecho de que no se hayan realizado estudios anteriores sobre el uso del agua en cada una de sus etapas productivas.

**Pregunta 9:** ¿Le gustaría disponer del balance de uso de agua de toda la planta?

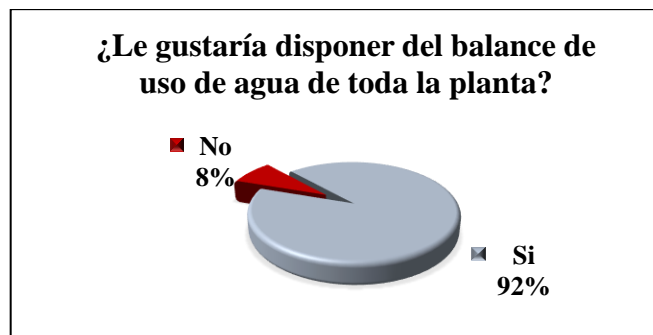
**Tabla 13:** Resultados tabulados, pregunta 9.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	125	92%
No	11	8%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 46:** Estadística gráfica, pregunta 9.



**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Análisis e interpretación.** Un 8 % de encuestados aseguran que un balance de agua no sería necesario, por el contrario, existe un 92 % de posibilidades de que el disponer de un balance de agua, brinde la oportunidad de facilitar con información relevante que permita ahorrar y ser eficientes con el uso del recurso hídrico.

**Pregunta 10:** ¿Cree usted que al aplicar un sistema de acción de mejoras se logrará el ahorro y uso eficiente del agua?

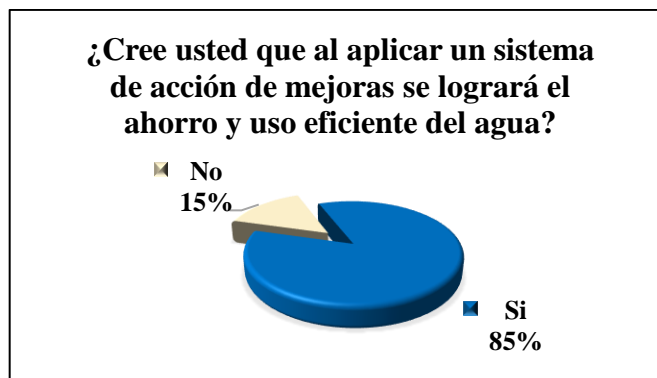
**Tabla 14:** Resultados tabulados, pregunta 10.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	116	85%
No	20	15%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Figura 47:** Estadística gráfica, pregunta 10.



**Elaborado por:** El autor

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

**Análisis e interpretación.** El 85 % de los encuestados señala que al aplicar un sistema de acción de mejoras se logrará el ahorro y uso eficiente del agua dentro de la planta, frente a un 15 % que menciona que no, lo que ratifica la necesidad de aplicar un sistema de acciones que reduzcan las pérdidas de agua, mejore la eficiencia de los sistemas y permita el ahorro en los costos de producción.

## Análisis de la encuesta.

**Tabla 15:** Resultados relativos de la encuesta.

N°	Preguntas	Respuestas			
		Si	%	No	%
1	¿Conoce el tipo de agua que se usa en su área de trabajo?	92	68	44	32
2	¿Existe deficiencia de agua en alguna etapa del proceso productivo?	82	60	54	40
3	¿Tiene conocimiento de los tratamientos que recibe el agua antes de usarse?	78	57	58	43
4	¿Actualmente ha presenciado fugas de agua en la planta?	12	9	124	91
5	¿Sabe usted si la planta dispone de un diagrama de flujo de procesos?	2	1	134	99
6	¿Existe alguna etapa dentro del sistema de agua que este siendo ineficiente?	2 5	18	111	82
7	¿Conoce usted la cantidad de agua que se consume en su área de trabajo?	12	9	124	91
8	¿Se aplican acciones de ahorro y uso eficiente de agua dentro de la empresa?	15	11	121	89
9	¿Le gustaría disponer del balance de uso de agua de toda la planta?	125	92	11	8
10	¿Cree usted que al aplicar un sistema de acción de mejoras se logrará el ahorro y uso eficiente del agua?	116	85	20	15

**Elaborado por:** El autor.

**Fuente:** Encuesta realizada. CEDAL S.A. 2017.

## Interpretación de la encuesta

- ✓ Existe desconocimiento del tipo de agua que se usa en cada etapa productiva, y de los tratamientos a los que ésta es sometida, por lo que se hace importante realizar la diagramación de flujo de proceso que permita a través del levantamiento de información conocer el recorrido completo del sistema de tuberías, hallar pérdidas por fugas, conexiones inadecuadas, y la selección de puntos estratégicos para llevar registros diarios posteriores.
- ✓ Los caudales de agua en las etapas de extracción, tratamiento y distribución no han sido registrados, por lo que no se dispone de esta información relevante que conlleve a la determinación de consumos potenciales, pérdidas, procesos subutilizados o cuellos

de botella dentro del sistema, por lo que evidentemente se requiere la realización del balance de agua de toda la planta.

- ✓ Es necesario la aplicación de acciones de mejora que conlleven a la reducción de pérdidas de agua, a través de la identificación de consumos potenciales y problemas detectados por medio del diagrama de Pareto, del diagrama de Ishikawa, para luego con la matriz de priorización se seleccionen las acciones que se llevaran a cabo, considerando su viabilidad técnica, financiera, ambiental e institucional, las cuales posteriormente mediante el análisis de costo/beneficio establezcan el beneficio anual neto de su implementación, y de acuerdo al seguimiento, evaluación y controles posteriores, se determinen si estas acciones llevaron a obtener resultados satisfactorios.

### **10.1.3. Diagramas de flujo de procesos del sistema de tuberías de toda la planta.**

Los diagramas de bloques por etapas y el diagrama de flujo de procesos (ver anexo 6), permiten la representación de cada una de las fases por las que atraviesa el agua, los ingresos y salidas por cada uno de los elementos que conforman el sistema, para ello se identifica el tipo de agua que se traslada de un lugar a otro, permitiendo evidenciar el estado actual del sistema, realizar detección de fallos, conexiones inadecuadas, y la identificación de puntos estratégicos para la de medición de caudales diarios.

#### **Fase de extracción y tratamiento de aguas subterráneas.**

En la figura 84 del anexo 2 se representan las fases de extracción y tratamiento a la que es sometida el agua antes de ser utilizada, ya que este tipo de agua al poseer gran cantidad de minerales (agua dura) ocasiona daños en los elementos del sistema y reduce la calidad de agua requerida para los procesos, por ello una vez que esta es extraída a través de una bomba sumergible desde el Pozo N° 1, pasa a ser almacenada temporalmente en la cisterna N° 2 (de 40 m<sup>3</sup>), desde la cual es conducida a la cisterna N° 3 (de 40 m<sup>3</sup>), por un compartimiento que permite su decantación para retener sólidos y materiales en suspensión de gran tamaño, esta agua producto de la decantación realizada es impulsada por una bomba a pasar por el filtro de arena (Vertical Sand Filter 36" Thru 144"), en el cual se retienen materiales orgánicos y sólidos en suspensión que no fueron retirados en el proceso anterior, todo residuo que es almacenado en este filtro es eliminado hacia el desagüe del drenaje de la ciudad por medio la de válvula manual de retrolavado que es accionada una vez por día. Luego de ser filtrada, el

agua es conducida hacia los 4 ablandadores los cuales por medio del intercambio iónico logran retirar el exceso de Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), gracias al aporte de salmuera ( $\text{NaCl}$ ) que cargan la resina de intercambio iónico en cada ciclo de regeneración. Producto del ablandamiento se generan pérdidas de agua inherentes a este proceso en forma de desecho que son conducidas hacia el desagüe del drenaje de la ciudad. Del agua ablandada que se obtiene, parte de esta es almacenada en la cisterna N° 1 (de  $38 \text{ m}^3$ ), cisterna N° 4 (de  $39 \text{ m}^3$ ) y cisterna N° 6 (de  $35 \text{ m}^3$ ), para luego ser distribuida a los demás sistemas.

Desde la cisterna N° 1, el agua es impulsada con bombas independientes, a pasar tanto por la ósmosis inversa (OI) grande y pequeña, para retirar con mayor eficacia sales minerales, iones, y partículas, logrando reducir considerablemente la dureza, conductividad y pH del agua, de este proceso se obtiene el permeado (agua osmotizada), y el concentrado (desecho). El permeado obtenido es transportado hacia la cisterna N° 7 desde el equipo de OI grande y en ocasiones desde la OI pequeña de acuerdo a las necesidades, pues puede ser enviada también al área de pintura directamente. Parte del concentrado es recirculado en los equipos de OI grande y pequeña, y la mayor parte restante es conducida hacia la cisterna N° 3, para que sea ingresada nuevamente al filtro de arena junto con el agua dura del pozo N° 1, es decir que esta agua pasa nuevamente por los ablandadores y terminar en los sistemas de OI grande y pequeña.

#### **Fase de almacenamiento y distribución.**

El almacenamiento y distribución de figura 85 del anexo 2 muestra que a la cisterna N° 4 y N° 6 le ingresan parte del agua ablandada, y esta se distribuye hacia el área de fundición para el proceso de conformación de lingotes y al sistema de refrigeración de las prensas N° 1 y N° 2. La cisterna N° 5 (de  $33 \text{ m}^3$ ) posee agua ablandada que es recirculada hacia los intercambiadores de calor de las tinas de anodizado y por el chiller de enfriamiento de agua, desde la cisterna N° 6 se envía ablandada a los calderos de vapor, a las tinas de anodizado y a los extractores de vapor.

Desde la cisterna N° 7 de agua osmotizada se distribuye hacia el sistema de refrigeración del equipo rectificador de voltaje, a las tinas de anodizado y al equipo Alutronic de recuperación de ácido. En el tanque de soda caustica (de  $2,3 \text{ m}^3$ ) se emplea agua potable que dosifica la soda caustica para luego ser enviarla a la tina N° 5 en los baños de anodizado, dicha agua potable no es recomendable usar en este proceso ya que contiene cloro que es perjudicial para

los baños de los perfiles en el proceso de anodizado ocasionando picado negro, una causa de rechazos en el área de anodizado.

### **El área de fundición y los tanques de GLP.**

Al área de fundición ingresa agua ablandada desde la cisterna N° 4 como se muestra en la figura 86 del anexo 2, y usa la misma línea de alimentación para el sistema contra incendios de los tanques de GLP. Del agua ingresada a la cisterna de fundición (de 9 m<sup>3</sup>) desde la cisterna N° 4, esta se suma al agua que es recirculada del proceso de conformación de lingotes, luego de reducir su temperatura en la torre de enfriamiento N° 1 y ser devuelta a dicha cisterna, para luego de ello suministrar una gran cantidad de agua al proceso de conformación de lingotes, previo al ingreso por el intercambiador de calor que junto con la torre de enfriamiento N° 2 permiten refrigerar el agua aún más.

### **El área de pintura.**

La figura 87 del anexo 2 representa el área de pintura, en la cual existen seis tinas (de 4,7 m<sup>3</sup> cada una), las cuales son alimentadas con agua osmotizada desde la cisterna N° 7 o directamente desde la OI pequeña, para los baños por inmersión de los perfiles a ser pintados. El purgado y el rebose de agua de cada una de las tinas desemboca en el canal de desagüe que conduce hacia la planta de tratamiento.

### **Los calderos de vapor y el equipo Alutronic.**

En figura 88 del anexo 2 se representan los calderos de generación de vapor, que reciben agua ablandada que provienen desde la cisterna N° 6 y distribuyen vapor hacia las seis tinas de anodizado N° 1,3,5,23,23, y 25., cuyo retorno en forma de condensados de las 4 tinas N° 5,23,24, y 25, reingresan a la caldera, mas no de las tinas N° 1 y 3 que son enviadas como purgas del sistema al canal de desagüe de la planta de tratamiento, agua ablandada de la misma cisterna N° 6 se envía hacia las 7 tinas de anodizado N° 2,4,5,6,7,16, y 17. El equipo Alutronic, empleado para la recuperación de ácido de las tinas de anodizado, usa para tal efecto agua osmotizada que proviene desde la cisterna N° 7 y cuya línea además alimenta a las 18 tinas de anodizado N° 1,3,8,9,10,11,12,13,14,15,18,19,20,21,21,23,24 y 25.



### **La prensa de compactación de lodos, los intercambiadores de calor y los extractores de vapor de anodizado.**

La figura 89 del anexo 2, representa el proceso de compactación de lodos, que provienen de la tina N° 3 de anodizado, para separar los líquidos de los sólidos que son posteriormente almacenados y reciben una disposición final, se muestra también los intercambiadores de calor que regulan la temperatura de las soluciones para los baños en las tinas del anodizado electrolítico con agua ablandada que proviene desde la cisterna N° 5, también se representan los extractores de vapor para las tinas de AE N° 3 y soda cáustica N° 5 que utilizan agua ablandada que proviene desde la cisterna N° 6.

### **Rectificadores de voltaje y filtros para las tinas de anodizado.**

La figura 90 del anexo 2 representa el uso de agua osmotizada que proviene desde la cisterna N° 7 para el equipo rectificador de voltaje, actuando como medio refrigerante y retornando en circuito cerrado a la cisterna N° 7. También se representan los filtros para medios ácidos usados para las soluciones de las tinas del área de anodizado N° 19,22,18,23, 24, y 25.

### **Las tinas de anodizado de la 1 a la 10.**

La figura 91 del anexo 2 muestra las tinas de anodizado desde latina N° 1 hasta la N° 10, en donde las tinas N1, N° 3 y N° 10 (de 13m<sup>3</sup>), y las tinas N° 8 y N° 9 (de 18m<sup>3</sup>), usan agua osmotizada que provienen de la cisterna N° 7, mientras que las tinas N° 2, N°4 y N°6 (de 13m<sup>3</sup>) y las tinas N° 5 (de 24m<sup>3</sup>), N° 7 (de 16 m<sup>3</sup>), usan agua ablandada que proviene de la cisterna N° 6; las purgas de agua junto con los reboses por la inmersión de cargas, van a parar a la planta de tratamiento de aguas de la empresa. El tanque del químico AE (Acid Eth, limpiador químico) para la dosificación de la tina N° 3 (de 2,4 m<sup>3</sup>) usa es agua osmotizada que proviene desde la cisterna N° 7.

La línea de condensado de la tina N° 5 retorna hacia la caldera de vapor y los condensados de las tinas N° 1 y N° 3 van a parar al desagüe de la planta de tratamiento de aguas residuales.

### **Las tinas de anodizado de la 11 a la 19.**

En la figura 92 del anexo 2 se muestran las tinas de anodizado N° 11 hasta la tina N° 19, de las cuales las tinas N° 11,12,13,14,15, y 18 (de 18m<sup>3</sup>) y la tina N° 19 (de 17 m<sup>3</sup>) usan agua osmotizada que proviene de la cisterna N° 7, se observa también que las tinas N° 16 (de 13m<sup>3</sup>) y la N° 17 (de 15m<sup>3</sup>) usan agua ablandada que proviene de la cisterna N° 6. Las tinas

Nº 11,12,13,14,15,18 y 19, que son exclusivamente las tinas en donde se realiza el proceso electrolítico del anodizado, están conectadas a los intercambiadores de calor que permiten mantener la soluciones a temperaturas de trabajo estables (entre 19 y 21 °C), además se evidencia que en la tina Nº 19 se realiza el filtrado de la solución. De igual forma los reboses y purgas se receptan en el canal de desagüe que conduce a la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### **Las tinas de anodizado de la 20 a la 25.**

En la figura 93 del anexo 2 se observa que todas las tinas Nº 20 (de 12 m<sup>3</sup>), 21 (de 14 m<sup>3</sup>), 22 (de 15 m<sup>3</sup>), 23 (de 30 m<sup>3</sup>), 24 (de 11 m<sup>3</sup>) y 25 (de 22 m<sup>3</sup>) usan agua osmotizada que proviene de la cisterna Nº 7, en las tinas Nº 22,23,24 y 25 se realiza el filtrado de las soluciones de los baños electrolíticos, y en las tinas Nº 23,24 y 25 ingresa vapor sobrecalentado que permite mantener a temperaturas de trabajo estables a las soluciones químicas. Para evitar que el agua de la tina Nº 22 se pierda por rebose existe una tubería que conduce el agua hacia la tina Nº 21 y de igual forma desde la tina Nº 21 existe otra tubería que conduce el agua hacia la tina Nº 20, las purgas existentes y los reboses van a parar en el canal que conduce hacia la planta de tratamiento de aguas de la empresa.

#### **La prensa Nº 1.**

La figura 94 del anexo 2 representa la distribución de agua hacia la prensa Nº 1, que proviene desde la cisterna Nº 4 y permite la refrigeración del sistema hidráulico de la presa y la estiradora, y la adición de una neblina de agua para enfriar los perfiles a la salida de la prensa, esta refrigeración al ser un circuito cerrado hace que el agua caliente retorne hacia la torre de enfriamiento sin presentar pérdidas, para posteriormente luego de ser enfriada ingresar a la cisterna Nº 4 e iniciar nuevamente el ciclo.

#### **La prensa Nº 2 y el sistema contra incendios para los tanques de almacenamiento de combustible.**

En figura 95 del anexo 2 se muestra la distribución de agua hacia la presa Nº 2, a la estiradora y al cuarto de máquinas, para la refrigeración de los sistemas hidráulicos que retornan hacia la torre de enfriamiento de la cisterna Nº 4 para luego de ser enfriada, volver a ser reingresada hacia el sistema. También se observa que la misma línea conecta al sistema contra incendios para los tanques de almacenamiento de combustible de la empresa y para el enfriamiento por aspersion de agua de los perfiles extruidos.

### **El área de matricería.**

La figura 96 del anexo 2 muestra la distribución de agua en el área de matricería, la cual usa agua potable proveniente de red pública de la ciudad, para los enjugues de las matrices se dispone de una tina (de 1,45 m<sup>3</sup>) y para las de cocción dos tinas (de 0,72 m<sup>3</sup> cada una), dicha agua residual generada en este proceso, es usada para la preparación de soda caustica que ingresa hacia la planta de tratamiento.

### **La planta de tratamiento de aguas residuales.**

En la figura 97 del anexo 2 se muestra la planta de tratamiento de aguas residuales que recogen las aguas del proceso de anodizado, pintura, de los extractores de vapor, del equipo Alutronic de recuperación de ácido, de los calderos de vapor y purgas, se observa además que el agua de los rechazos del filtro de arena, los ablandadores y los equipos de ósmosis inversa se envían directamente al desagüe de la red pública de la ciudad. Los tanques de soda caustica que se observan (de 350 gls cada uno) usan el agua residual que proviene del área de matricería, los tanques para la dosificación de polímero (de 5000 L cada uno) usan agua potable de la red pública.

## **10.2. Cálculo de los balances de agua en las fases de extracción, tratamiento y distribución.**

### **10.2.1. Selección de zonas estratégicas para la medición.**

Partiendo como base del diagrama de flujo de procesos y de los errores hallados en primera instancia, se procede a realizar la identificación de las zonas estratégicas que permitan llevar registros de caudales diarios de toda la planta.

**Tabla 16:** Zonas estratégicas seleccionadas para la medición de caudales.

<b>Zona</b>	<b>Origen</b>	<b>Destino</b>	<b>Código</b>	<b>Tipo de Medición</b>	<b>Método/Instrumento</b>	<b>Fase</b>
1	Pozo 1	Cisterna 2	POZ-CST2	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Extracción
2	Pozo 1	Cisterna 2	MED1	Indirecta	Contador de agua	Extracción
3	Cisterna 3	Filtro de arena	CST3-FLT	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento
4	Filtro arena	Ablandadores	FLT-ABL	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento
5	Ablandadores	Cisterna 1	ABL-CST1	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento
6	Ablandadores	Cisterna 4	ABL-CST4	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento

7	Ablandadores	Cisterna 6	ABL-CST6	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento
8	Ablandadores	Desagüe	R. ABL	Directa	Aforamiento Volumétrico	Tratamiento
9	Cisterna 1	Ósmosis Inversa Grande	CST1-OSMG	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento
10	Cisterna 1	Ósmosis Inversa Pequeña	CST1-OSMP	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento
11	Ósmosis Inversa Grande	Cisterna 7	OSMG-CST7	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento
12	Ósmosis Inversa Pequeña	Pintura	OSMP-PINT	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento
13	Ósmosis Grande y Pequeña	Cisterna 3	R. OSMGYP-CST3	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Tratamiento
14	Cisterna 4	Fundición	CST4-FND	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución
15	Cisterna 4	Fundición	MED2	Indirecta	Contador de agua	Distribución
16	Fundición	Desagüe	R. FND	Directa	Aforamiento Volumétrico	Distribución
17	Cisterna 4	Prensa 1	CST4-PREN1	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución
18	Cisterna 4	Prensa 2	CST4-PREN2	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución
19	Prensa 1	Cisterna 4	PREN1-CST4	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución
20	Prensa 2	Cisterna 4	PREN2-CST4	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución
21	Cisterna 5	Intercambiadores de Calor	CST5-INTER	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución
22	Intercambiadores de Calor	Cisterna 5	INTER-CST5	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución
23	Cisterna 6	Calderos de Vapor	CST6-CALD	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución
24	Cisterna 6	Tinas de Anodizado	CST6-AND	Directa	Aforamiento Volumétrico	Distribución
25	Cisterna 6	Extractores de vapor	CST6-EXT	Directa	Aforamiento Volumétrico	Distribución
26	Cisterna 7	Tinas de	CST7-	Directa	Aforamiento	Distribución

		Anodizado	AND		Volumétrico	
27	Cisterna 7	Equipo Alutronic	CST7-ALU	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución
28	Cisterna 7	Rectificadores de voltaje	CST7-RECTIF	Indirecta	Medidor Ultrasónico	Distribución

Elaborado por: El autor.

En la tabla 16 se muestran las zonas estratégicas seleccionadas para la medición de caudales tanto con el uso del medidor ultrasónico para circuitos de tubería cerradas, como del método de aforamiento volumétrico para sondas de descarga abiertas, para las fases de extracción, tratamiento y distribución.

Se toma en cuenta además consumos fijos adicionales de acuerdo con las capacidades y la frecuencia de uso, como se muestra a continuación:

**Tabla 17:** Zonas de medición para elementos de volumen y frecuencia conocida.

Elemento	Capacidad	Uso
Tanque de soda cáustica en Anodizado	2,3 m3	Dosificación para tina de soda
Tanque de químico AE en Anodizado	2,4 m3	Dosificación para tina de AE
Tina 1 de matricería	1,45 m3	Enjuague de matrices
Tina 2 de matricería	0,72 m3	Cocción de matrices
Tina 3 de matricería	0,72 m3	Cocción de matrices
Tanque de soda cáustica en planta de tratamiento	350 gal	Tratamiento de aguas residuales
Tanque de polímero en planta de tratamiento	5000 L	Tratamiento de aguas residuales
Tinas de pintura	28 m3	Cambio de agua en tinas

Elaborado por: El autor.

La tabla 17 muestra los puntos de medición adicional que se realizan en elementos de volumen y frecuencia conocida para las áreas de anodizado, matricería, pintura, y la planta de tratamiento.

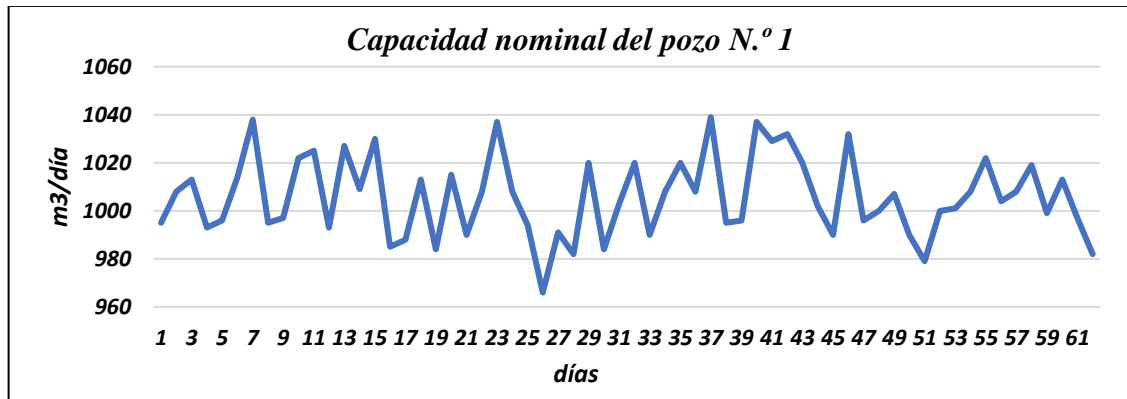
### 10.2.2. Medición directa e indirecta de caudales.

Para el levantamiento de información de campo en cada etapa del proceso productivo, se hace uso del equipo ultrasónico TDS 100-H para la medición en tuberías cerradas el cual posee una precisión de  $\pm 1\%$  de la lectura (ver anexo 5), se hace uso del método de aforamiento volumétrico en zonas de descarga abiertas, de los dos contadores de agua ubicados a la salida del pozo N.º 1 y al ingreso del área de fundición respectivamente, y de los elementos de volumen conocidos como tanques y tinas que conforman el proceso y hacen uso de agua de

forma constante y de acuerdo a una frecuencia establecida, todos ellos considerados para el análisis y determinación de uso y pérdidas de agua en producciones normales.

### Extracción de agua subterránea del Pozo N.º 1

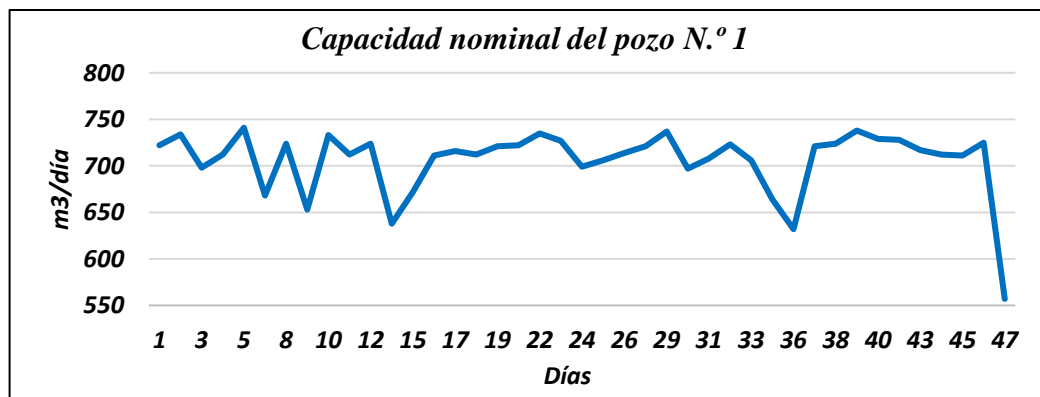
**Figura 48:** Registros de caudales del Pozo N.º 1, con medidor ultrasónico.



**Elaborado por:** El autor.

En la tabla 32 del anexo 3 se muestra la capacidad promedio nominal de extracción de agua subterránea del Pozo N.º 1 que se encuentra en el orden de  $1000 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ , evidentemente es un caso teórico en el cual no se toma en consideración paradas programadas o por emergencia, por otro lado, se muestra la gran capacidad de suministro de agua que posee este pozo (figura 48). Se aprecia además que el grado de dispersión de los datos es homogéneo y que su error en la toma de registros es tan solo del 2%, lo cual se puede contrarrestar con el valor de precisión del equipo ultrasónico TDS 100-H señalado por el fabricante que está en el orden del 2 %.

**Figura 49:** Registros de caudales del Pozo N.º 1, con contador de agua.

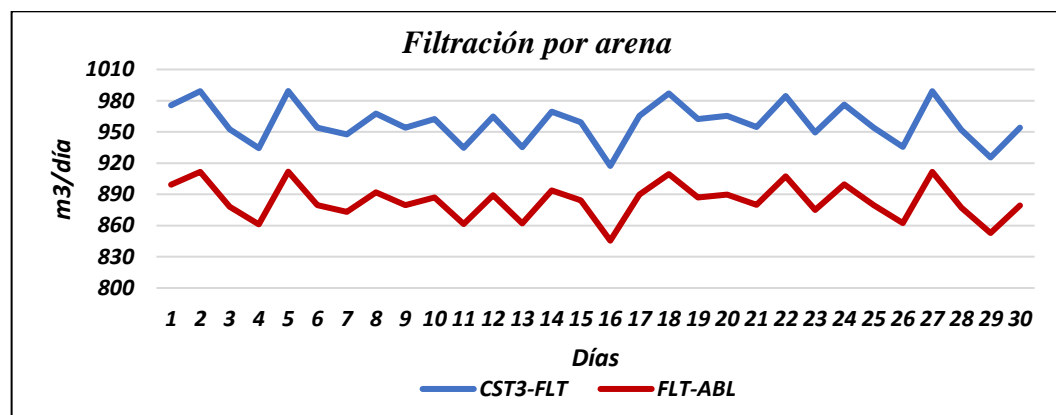


**Elaborado por:** El autor.

Como se observa en la tabla 33 del anexo 3 de los valores registrados por el contador de agua ubicado a la salida del pozo subterráneo N.º 1, la capacidad promedio real de extracción de agua que está siendo usada es del orden de  $719 \frac{m^3}{día}$ , lo que significa que este caudal puede incrementarse en base a la capacidad nominal del pozo ya que su extracción total solo se ve limitada por la capacidad de los tratamientos posteriores para producir agua tratada, almacenarla y por las paradas de producción existentes (figura 49). Para las principales medidas de dispersión se analiza los caudales en producción normal exceptuando paros y en base a ellos podemos verificar que existe un grado de confianza considerable de los datos, con un error del 2 %.

### Pre-tratamiento de aguas duras con filtro de arena.

**Figura 50:** Registros de caudales en filtro de arena, con medidor ultrasónico.



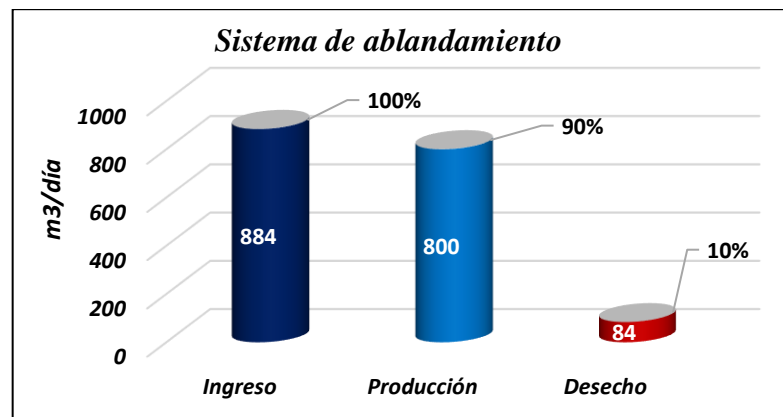
**Elaborado por:** El autor.

Los caudales de ingreso y salida del filtro de arena mostrados en la tabla 34 del anexo 3 presentan una disminución atípica, (al ser el filtro un sistema cerrado cuya única disminución solo se debe presentar de su velocidad en el orden de  $1,7 \frac{m}{s}$  debido a los elementos internos de filtración existentes para dicho efecto), esta disminución mostrada de su caudal se debe a que existe una fuga en la válvula manual de retrolavado, la cual es del orden de  $75 \frac{m^3}{día}$  de agua dura, la que se elimina al canal del desagüe sin ser aprovechada (figura 50). En base a las medidas de dispersión analizadas el porcentaje de error esta entre 2 y 7 %, otorgándole un grado de confiabilidad muy aceptable para los datos recopilados, a pesar de que el filtro de arena está conectado directamente a los ablandadores y está en función de las necesidades de los mismos por el cambio de ciclos constante en cada uno de ellos, evidentemente hará que los caudales de ingreso y salida del filtro de arena varíen con cada ciclo de regeneración.

### Pre-tratamiento de aguas duras con ablandadores.

En la tabla 35 del anexo 3 se muestran los ciclos de ablandamiento con su respectiva duración y las presiones de ingreso y salida, dichos ciclos trabajan de forma independiente de acuerdo a la configuración establecida, los 3 ciclos (de color naranja) en los cuales se eliminan los iones Calcio y Magnesio es en donde se realiza el enjuague y la posterior regeneración de la resina de intercambio iónico con salmuera (sal en grano disuelta en agua), y el 4 ciclo (de color azul) es en el cual se obtiene agua ablandada, cabe destacar que el ablandador 4, no se encuentra en funcionamiento por averías y el estudio se lo realiza con la capacidad de los 3 ablandadores.

**Figura 51:** Ingreso, producción y rechazo de agua en ablandadores.



Elaborado por: El autor.

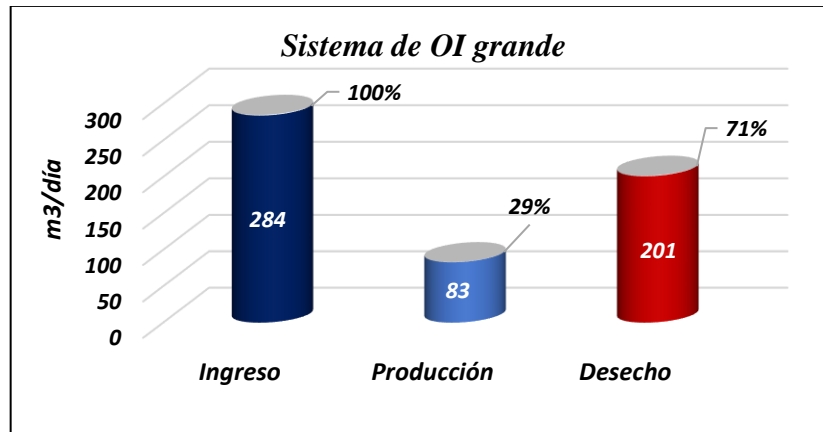
En la tabla 36 del anexo 3 se muestran los resultados obtenidos del seguimiento realizado por 12 horas consecutivas al proceso de ablandamiento, ya que al ser un sistema automático en el cual cada ablandador trabaja por períodos de tiempo diferentes, desfasados unos de otros, haciendo que varíen con cada ciclo no solo sus caudales de ingreso, de rechazo y de agua ablandada, sino también la presión de ingreso y salida de cada equipo ablandador, con ello se logra establecer que de  $884 \frac{m^3}{día}$  de agua dura en promedio que se ingresa, se obtiene  $800 \frac{m^3}{día}$  de agua ablandada, de la cual  $302 \frac{m^3}{día}$  se envía a la cisterna N.º 4,  $157 \frac{m^3}{día}$  se envía a la cisterna N.º 6 y  $341 \frac{m^3}{día}$  se envían a la cisterna N.º 1, el residuo que son  $84 \frac{m^3}{día}$  forman parte del rechazo con  $60 \frac{m^3}{día}$  que sale de los ablandadores N.º 1 y N.º 2 y con  $24 \frac{m^3}{día}$  del ablandador N.º 3, ya que el ablandador N.º 4 se encuentra averiado. Es decir que en base a esta información se puede



deducir que la eficiencia del equipo de ablandado está en el orden del 90 % como se muestra en la figura (51).

### Tratamiento de agua por ósmosis inversa.

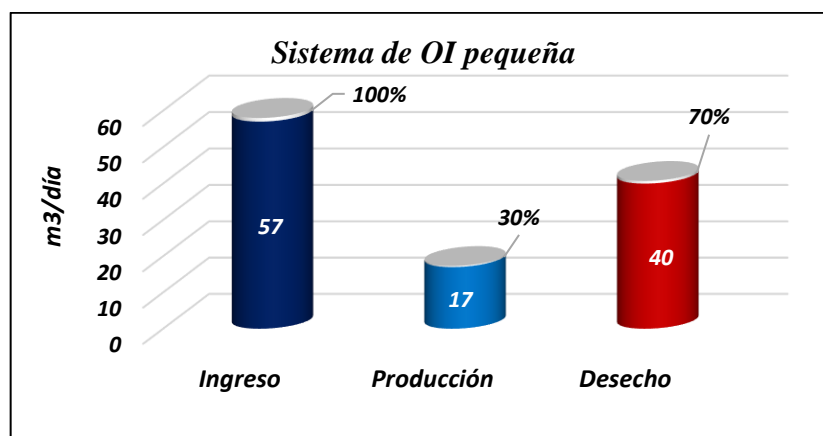
**Figura 52:** Ingreso, producción y desecho de agua en OI grande.



Elaborado por: El autor.

En la tabla 37 del anexo 3 se muestran los caudales recopilados con el medidor ultrasónico por un lapso de 40 días consecutivos del sistema de ósmosis inversa grande, que de un promedio de ingreso de  $284 \frac{m^3}{día}$ , tan sólo se osmotizan  $83 \frac{m^3}{día}$  y el resto pasa a ser parte del rechazo con un valor de  $201 \frac{m^3}{día}$ , (figura 52).

**Figura 53:** Ingreso, producción y desecho de agua en OI pequeña.



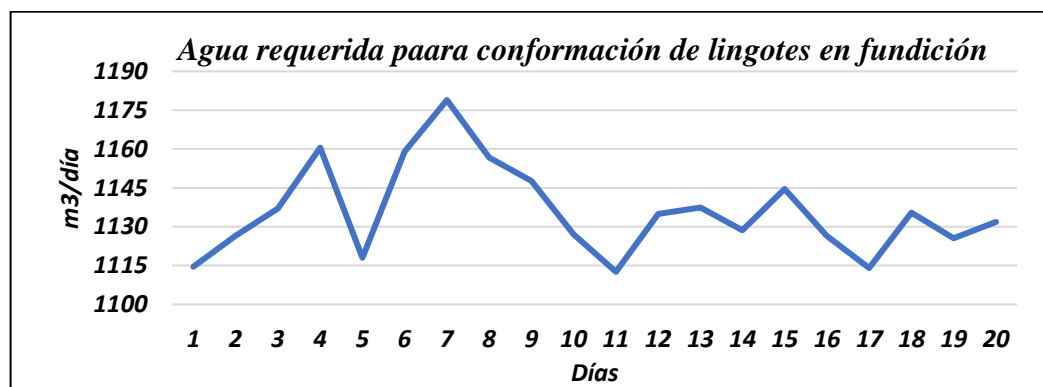
Elaborado por: El autor.

En la figura 53 se muestra los ingresos, salidas y rechazos en la OI pequeña, en la cual se evidencia que de  $57 \frac{m^3}{día}$  que ingresan en promedio tan solo  $17 \frac{m^3}{día}$  se osmotizan y los  $40 \frac{m^3}{día}$  forman parte del rechazo, De acuerdo al análisis de los datos en producción normal véase tabla 37 del anexo 3, en los equipos de OI tanto grande y pequeña la eficiencia no supera el 30%, es decir que es el cuello de botella del sistema.

En cuanto a las medidas de dispersión analizadas, se puede verificar que no existe un alto grado de variación de los datos recopilados y el error con el que se trabaja no es representativo y esta entre el 1% y el 4 %, por cuanto los datos son confiables para este análisis.

### Distribución de agua hacia el proceso de fundición.

**Figura 54:** Aforamiento volumétrico de la bomba que ingresa al proceso de fundición.

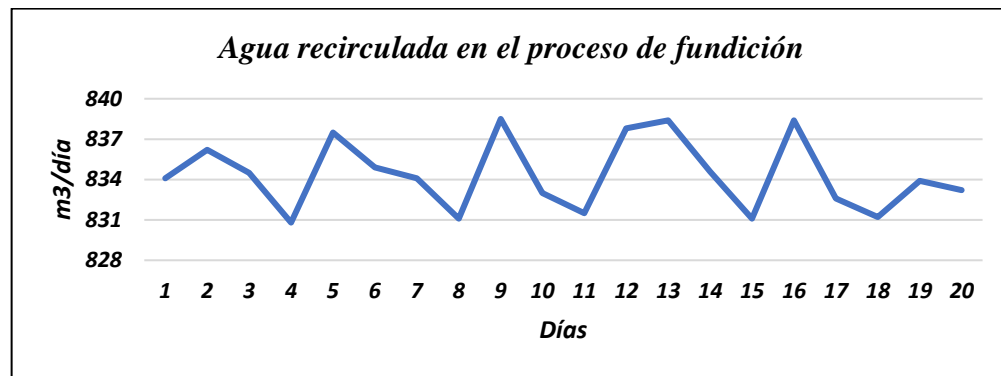


Elaborado por: El autor.

En la tabla 38 del anexo 3 se observa el registro de los aforamientos realizados con la bomba de alimentación de agua ablanda hacia el proceso de conformación de lingotes que se encuentra en el orden de  $1136 \frac{m^3}{día}$  es decir  $47,3 \frac{m^3}{h}$ , dicho proceso es el de mayor consumo dentro de la planta.

La variación del caudal ingresado durante 20 días de seguimiento se muestra en la figura 55, que de acuerdo al análisis de las medidas de dispersión más importantes calculadas en producciones normales reflejan un alto grado de confianza de los datos recopilados, con un error tan solo del 1,5%.

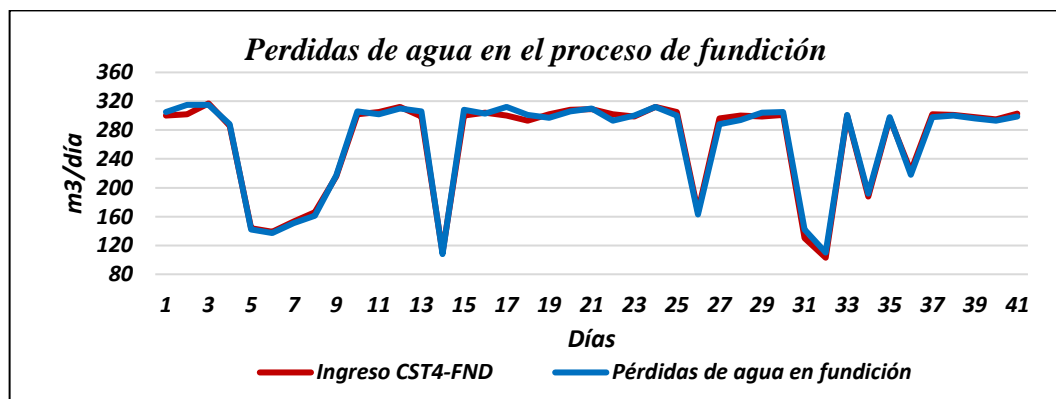
**Figura 55:** Aforamiento en bombas que ingresan a la torre de enfriamiento N.º 1



Elaborado por: El autor.

En la figura 55 se muestra el agua en promedio que es recirculada del proceso de conformación de lingotes que está en el orden de  $834 \frac{m^3}{día}$  ó  $34,7 \frac{m^3}{h}$ , la cual es impulsada desde la salida del proceso conteniendo grasas insolubles y a temperaturas que oscilan entre los 30 y 40 °C por dos bombas conectadas en paralelo hacia la torre N.º 1, en la cual se logra reducir el agua a temperatura ambiente para luego ser reingresada al proceso. Dicha recirculación es de vital importancia y representa en 73% del agua necesaria para cubrir la demanda elevada del orden de  $1136 \frac{m^3}{día}$  de agua ablandada por parte del proceso y el 27% del agua restante será la que deberá ingresar desde la cisterna N.º 4. En la tabla 39 del anexo 3 se muestran los registros diarios de los aforamientos realizados. Al observar el cálculo de las medidas de dispersión más importantes, se evidencia el alto grado de confianza de los datos recopilados para el análisis, con un error del 0,3 %.

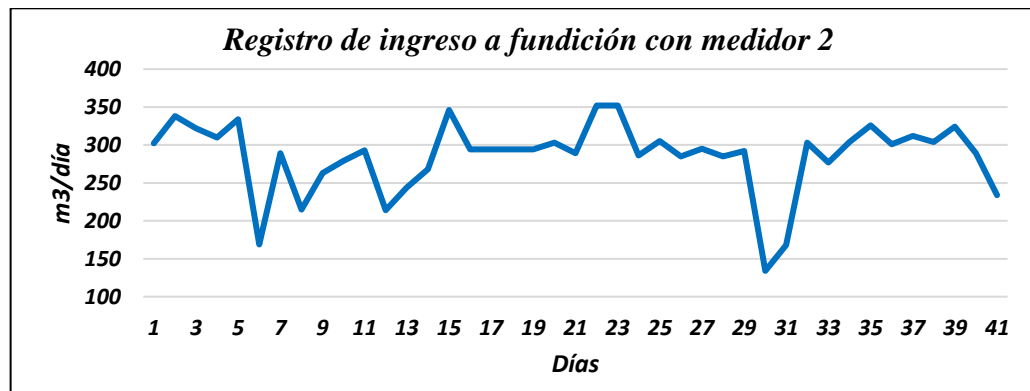
**Figura 56:** Pérdidas de agua ablandada en el proceso de fundición.



Elaborado por: El autor.

La figura 56 muestra el ingreso de agua ablandada al proceso de conformación de lingotes desde la cisterna 4 para suplir el 27% de agua faltante para dicho efecto, los valores de los picos inferiores que se observan en la figura determina las paradas de producción programadas o de emergencia que se produjeron, los registros se recopilaron con el uso del medidor ultrasónico ( ver tabla 40 del anexo 3) y se determina que en producción promedio normal el ingreso es de  $302 \frac{m^3}{día}$ , de igual forma se realiza el aforamiento volumétrico en las dos salidas de la cisterna de recepción de aguas, tanto de la tubería de sobre nivel como desde la zona de aguas grasas, todas ellas se dirigen hacia la red pública de alcantarillado de la ciudad y son del orden de  $302 \frac{m^3}{día}$ , lo que significa que el agua que ingresa desde la cisterna N.º 4 es la que se pierde en forma de rechazo en el proceso de conformación de lingotes. Las medidas de dispersión calculadas para producciones normales evidencian el alto grado de confianza de los datos recopilados y tan solo un 2% de error.

**Figura 57:** Ingreso de agua al área de fundición registradas con contador de agua.

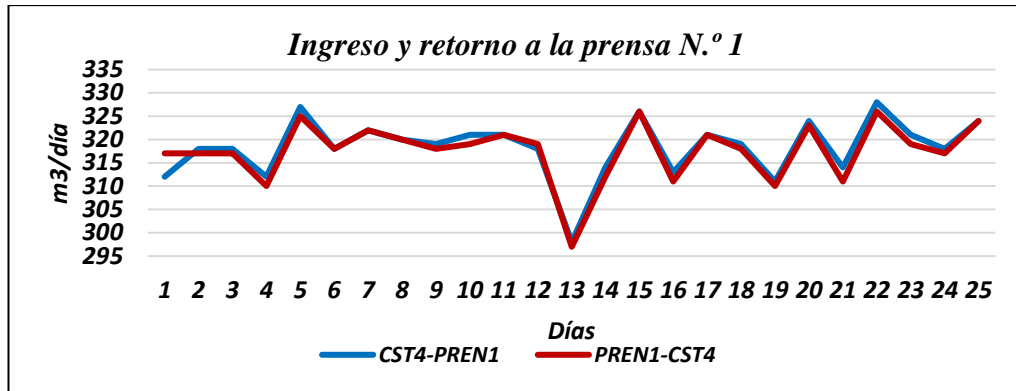


Elaborado por: El autor.

En la tabla 41 del anexo 3 se observan los caudales registrados por el contador de agua que ingresa desde la cisterna N.º 4 al área de fundición, de la cual  $303 \frac{m^3}{día}$  es el valor promedio estimado en producción normal que se usa en el proceso de conformación de lingotes, contrarrestando esta información con los valores obtenidos por el aforamiento volumétrico y con el uso del medidor ultrasónico, se puede observar que existe un alto grado de similitud entre sus caudales, lo cual favorece para tener una estimación más real del uso de agua en esta área, pues los picos inferiores como se muestra en la figura 57 representan paradas de producción mas no variación del uso de agua. Además de esto los cálculos de las medidas de dispersión que se realizan, estas evidencian un grado aceptable de confianza de los datos recopilados.

### Distribución de agua hacia el proceso de extrusión.

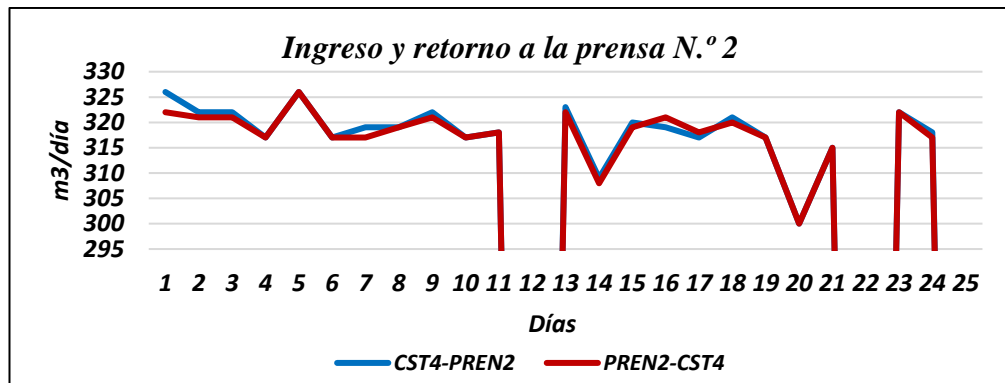
Figura 58: Caudales de prensas 1, con medidor ultrasónico.



Elaborado por: El autor.

La figura 58 muestra la variación del uso de agua ablandada en la prensa N.º 1, tanto de ingreso como de retorno, que su uso está en promedio el orden de  $318 \frac{m^3}{día}$ , en la cual se puede evidenciar que existe un alto grado de similitud en los valores ya que al ser un circuito cerrado no se presentan pérdidas en el sistema y se desprecian las pérdidas por evaporación, y por aspersión de agua en los perfiles por ser muy pequeñas. La tabla 42 del anexo 3 recoge los caudales registrados diariamente en las prensas N.º 1 y N.º 2.

Figura 59: Caudales de prensas 2, con medidor ultrasónico.



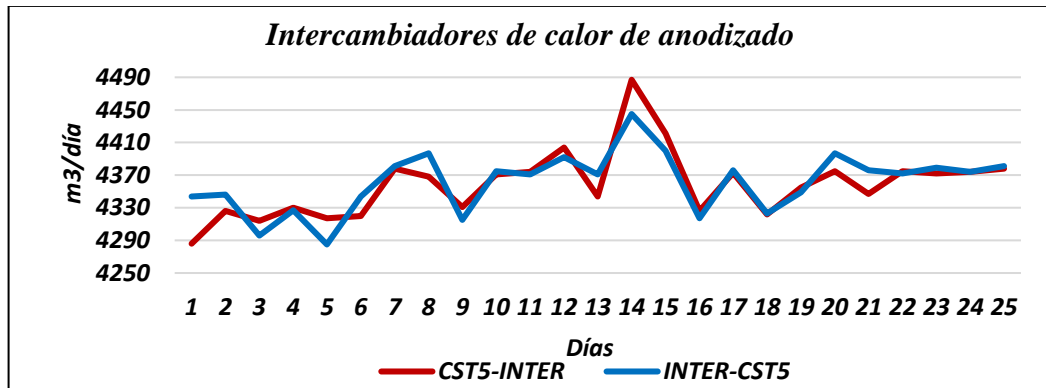
Elaborado por: El autor.

La figura 59 representa los caudales que fluyen por el circuito cerrado de refrigeración de hacia la prensa N.º 2 en el área de extrusión, las cuales en promedio son del orden de  $318 \frac{m^3}{día}$ , debido a que su retorno está en el mismo orden de  $318 \frac{m^3}{día}$ , se consideran despreciables las pérdidas de agua por evaporación y el uso por la aspersión de agua en los perfiles que salen de

la prensa. Las medidas de dispersión calculadas brindan un alto grado de confianza de los datos recopilados con el medidor ultrasónico como se muestra en la tabla 42 del anexo 3.

### Distribución de agua hacia los intercambiadores de calor de anodizado.

**Figura 60:** Caudales en intercambiadores de calor, con medidor ultrasónico.

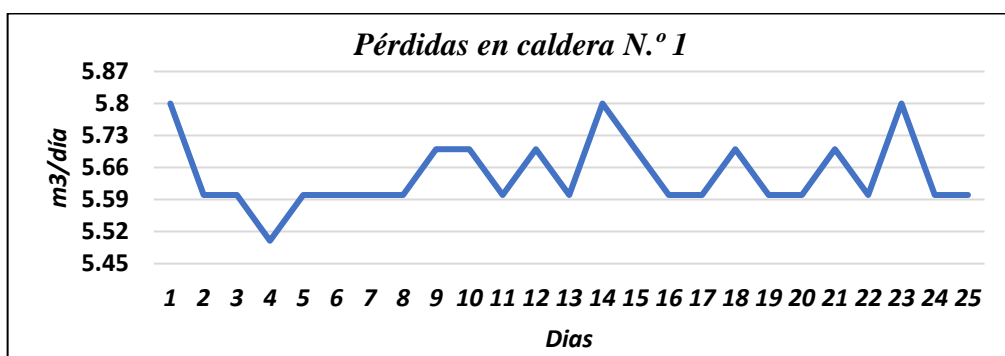


Elaborado por: El autor.

En la figura 60 se observan los caudales que circulan por los intercambiadores de calor, los cuales refrigeran las soluciones químicas del proceso de anodizado electrolítico, dichos flujos que ingresan a los intercambiadores en promedio están en el orden de  $4359 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  y su retorno en el orden de  $4361 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ , evidentemente al ser un ciclo cerrado se consideran despreciables las pérdidas de agua por evaporación y las pequeñas variaciones que se evidencian en sus registros corresponden al error de medición presente muy bajo en el orden del 1%, la tabla 43 del anexo 3. muestra el cálculo de las medidas de dispersión las cuales proporcionan un alto grado de confianza de los datos recopilados.

### Distribución de agua hacia el sistema de generación de vapor.

**Figura 61:** Caudales en la caldera de vapor N.º 1, con aforamiento volumétrico.



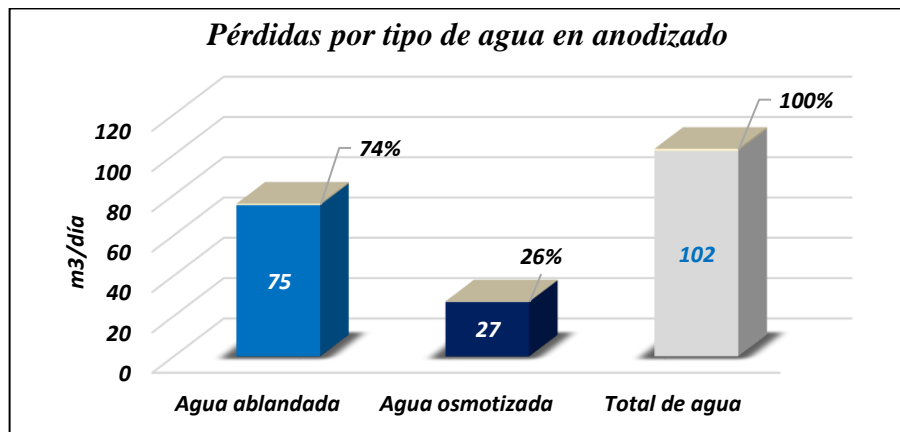
Elaborado por: El autor.

La figura 61 muestra las pérdidas de agua que se producen en el sistema de generación de vapor, debido a purgas que se realizan en forma manual en cada turno de trabajo para evitar la acumulación de sólidos precipitados en el sistema, este purgado diario está en el orden de los  $6 \frac{m^3}{día}$  tanto del retorno de condensado de las tinas de anodizado N.º 1 y N.º 3, así como también de la caldera de vapor.

De acuerdo a las medidas de dispersión calculadas de los registros diarios llevados (ver tabla 44 del anexo 3) no existe una variación considerable de los datos respecto a valor real, pues se trabaja con un margen de error del 1%.

### Distribución de agua al área de anodizado.

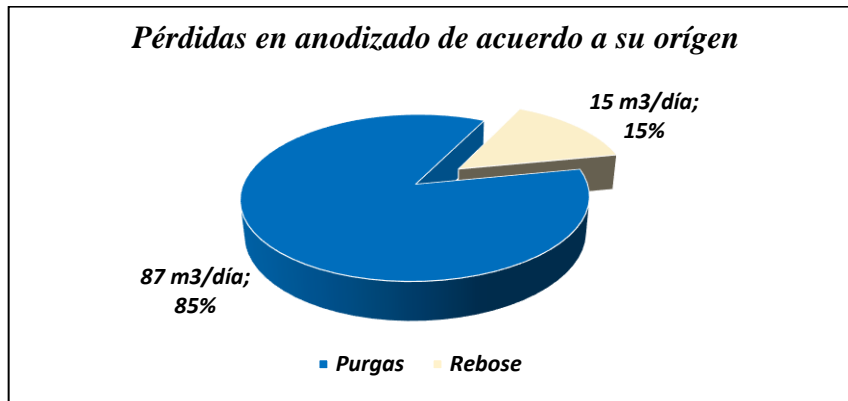
**Figura 62:** Pérdidas en tinas de anodizado por tipo de agua.



**Elaborado por:** El autor.

En la figura 62 se muestran los caudales de agua que se pierden en el proceso de anodizado, de acuerdo al tipo de agua que se pierde vemos que del total que representan  $102 \frac{m^3}{día}$ , un 73% corresponde a agua ablandada con un valor de  $75 \frac{m^3}{día}$  y el 27% restante corresponde a agua osmotizada con  $27 \frac{m^3}{día}$ , para dicho análisis se toma en consideración que se trabaja a dos turnos por día, y en cada uno de ellos se sumergen 80 cargas o racks en cada tina de acuerdo al tipo de acabado que se realice, los datos recopilados se muestran en la tabla 45 del anexo 3.

**Figura 63:** Pérdida en tinas de anodizado de acuerdo a su origen.



Elaborado por: El autor.

La figura 63 representa las pérdidas de agua que se producen en las tinas de anodizado tanto por el purgado para evitar acumulación de contaminantes que es del orden de  $87 \frac{m^3}{día}$ , como por el rebose debido a la inmersión de los perfiles a ser anodizados con un valor de  $15 \frac{m^3}{día}$ , los registros llevados a cabo para determinar estos caudales de uso se muestran con más detalle en la tabla 45 del anexo 3.

### Distribución de agua a los extractores de vapor.

**Figura 64:** Caudales en extractor de vapor de soda, con aforamientos volumétricos.



Elaborado por: El autor.

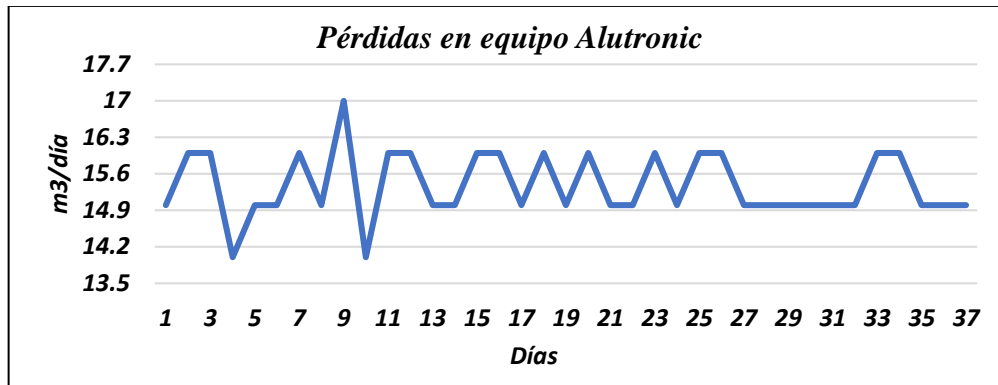
La figura 64 muestra el caudal de agua que se pierde en el extractor de vapor del tanque de soda caustica, en donde se retienen las partículas por medio de la adición de agua ablandada que condensa los gases, para luego junto con ellos ser arrastrados hacia la planta de tratamiento, dichas pérdidas en promedio están en el orden de  $12 \frac{m^3}{día}$ , los datos recopilados



(tabla 46 del anexo 3) del aforo realizado muestran en base al cálculo de las medidas de dispersión, que tienen un grado aceptable de confianza, y su error que fluctúa entre el 2 y 4%.

### Distribución de agua al equipo Alutronic.

**Figura 65:** Caudales diarios del equipo Alutronic, con aforamientos volumétricos.

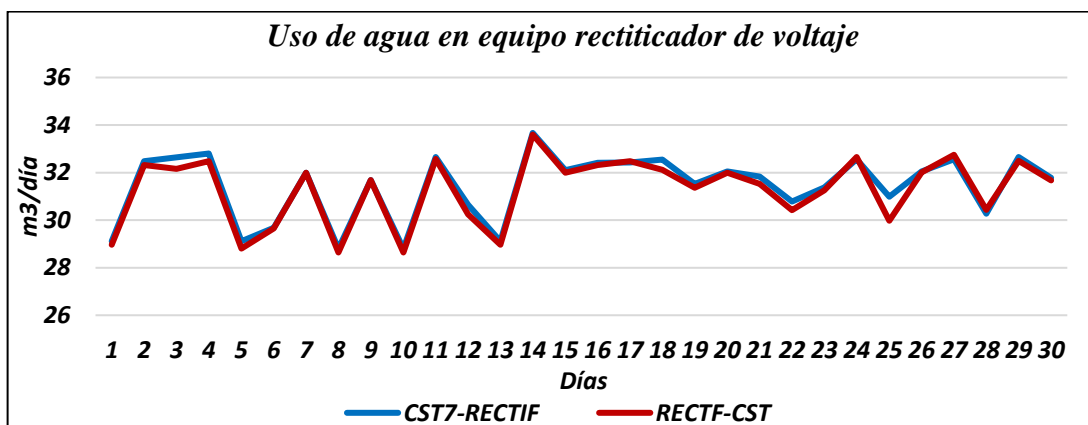


Elaborado por: El autor.

En la figura 65 se muestran los caudales de uso de agua osmotizada por parte del equipo de recuperación de ácido proveniente de las tinas de anodizado, que permiten mantener las soluciones lo más estable posible, estas pérdidas promedio son de orden de  $15 \frac{m^3}{día}$ , trabajando a dos turnos por día, el agua residual de este proceso es conducida a la planta de tratamiento. La tabla 47 del anexo 3 muestra los registros llevados diariamente de este proceso y en base a ellos de las medidas de dispersión calculadas se observa que existe un alto grado de confianza de los datos y su error es del 4%.

### Distribución de agua al rectificador de voltaje.

**Figura 66:** Caudales para el equipo de rectificación de voltaje, con medidor ultrasónico.

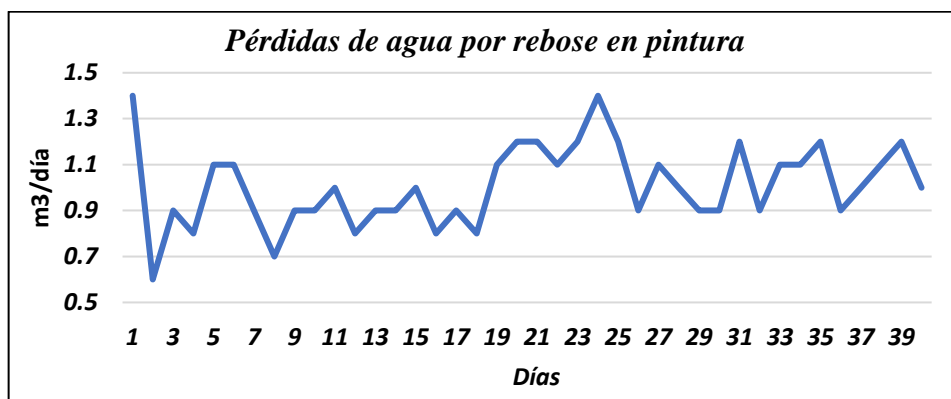


Elaborado por: El autor.

La figura 66 muestra el caudal de agua usado para la refrigeración del equipo rectificador de voltaje, este por ser un circuito cerrado no presenta pérdidas por evaporación, ya que se desprecian al ser un proceso de bajo consumo que está el orden de  $31 \frac{m^3}{día}$ , trabajando a dos turnos diarios. De las medidas de dispersión calculadas en base a los registros diarios llevados como se muestra en la tabla 48 del anexo 3 se evidencia un grado de confianza aceptable de los datos, con errores que oscilan entre 4% y 5%.

### Distribución de agua al área de pintura.

**Figura 67:** Registro de pérdidas de agua en pintura por rebose, con medidor ultrasónico.



Elaborado por: El autor.

El agua que se pierde en pintura por rebose en promedio es del orden de  $1 \frac{m^3}{día}$ , las variaciones de caudal que se muestran en la figura 67 dependen de ritmo de producción y del método de trabajo, pero al ser un proceso con bajas pérdidas no se consideran determinantes, los registros obtenidos se recopilan en la tabla 54 del anexo 3.

### Distribución de agua hacia elementos de volumen y frecuencia conocida.

#### ✓ Distribución de agua al tanque de dosificación de soda caustica en anodizado.

En la figura 68 se muestra el uso de agua potable para la dosificación de la soda caustica, que es inyectada a la tina N.º 5 de anodizado para los baños por inmersión de la perfilería de aluminio, la capacidad del tanque de dosificación es de  $2,3 m^3$ , de los cuales se usan con una frecuencia de dos tanques por día, trabajando a dos turnos diarios, es decir que el uso diario de agua para este tanque es del orden de  $5 \frac{m^3}{día}$ , en la tabla 49 del anexo 3 muestran los registros diarios recopilados.

✓ **Distribución de agua al tanque de AE en anodizado.**

En la figura 68 se muestra el uso de agua osmotizada para la dosificación del químico AE, que se adiciona a la tina N.º 3 del proceso de anodizado para los baños de perfilería, la capacidad del tanque es de 2,4 m<sup>3</sup>, de los cuales se usan con una frecuencia de 4 tanques por día, trabajando a dos turnos diarios, con lo cual el agua requerida para este tanque es del orden de  $10 \frac{m^3}{día}$ . en la tabla 50 del anexo 3 muestran los registros diarios que fueron recopilados.

✓ **Distribución de agua al área de matricería.**

La figura 68 muestra el uso de agua potable empleados para el enjuague y la cocción de matrices en el área de matricería, siendo la capacidad de las tinas de cocción de 0,72 m<sup>3</sup> cada una, las cuales se usan con una frecuencia de 1 tina por día, y la tina de enjuague con una capacidad de 1,45 m<sup>3</sup> es usada 3 veces por día, esto trabajando a dos turnos diarios, y con un uso promedio total de  $5 \frac{m^3}{día}$ . los registros diarios que fueron recopilados se muestran en la tabla 51 del anexo 3.

✓ **Distribución de agua a los tanques de soda caustica de la planta de tratamiento.**

En la figura 68 se muestra el uso de agua potable reutilizada que sale de la cocción y enjuague de las tinas de matricería para ser dosificada en ella la soda caustica que se usa en la planta de tratamiento de aguas contaminadas, dicho consumo total es del orden  $5,3 \frac{m^3}{día}$ , a una frecuencia de dos tanques por turno, y trabajando a dos turnos diarios. Los registros diarios que se muestran en la tabla 52 del anexo 3.

✓ **Distribución de agua a los tanques de polímero de la planta de tratamiento.**

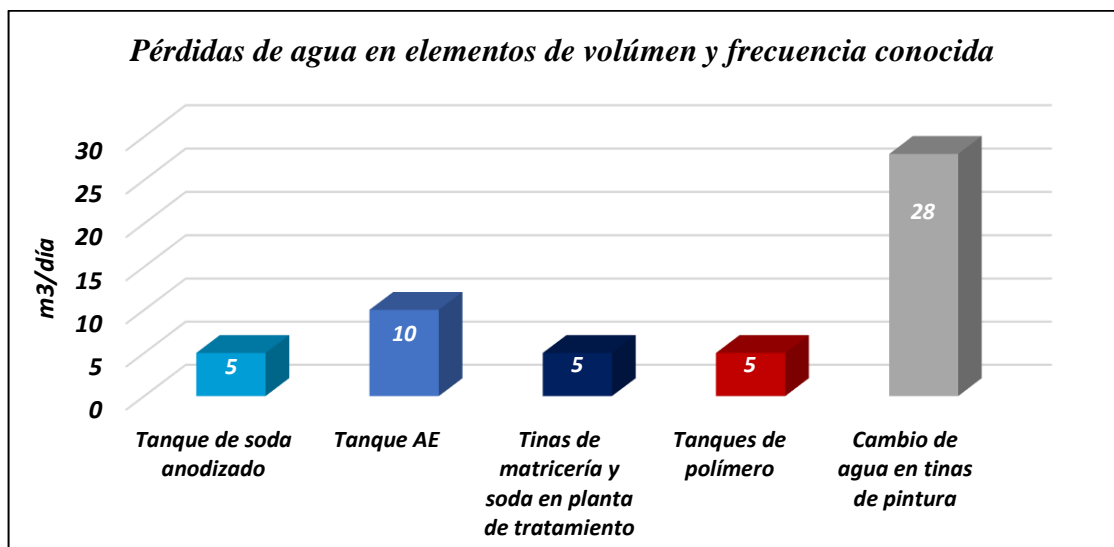
La figura 68 muestra el uso de agua potable para la preparación de polímero que se utiliza para sedimentar partículas y facilitar el tratamiento de aguas residuales, dicha preparación se la realiza en dos tanques de 5000 L de capacidad cada uno, la frecuencia de uso es de ½ tanque por turno, y al estar trabajando a dos turnos diarios, significa que se usa  $5 \frac{m^3}{día}$  de agua potable. En la tabla 53 del anexo 3 se pueden observar los registros recopilados.

✓ **Distribución hacia las tinas de pintura para el cambio de agua.**

La figura 68 muestra las pérdidas de agua osmotizada en el área de pintura por el cambio de agua en las tinas de inmersión de perfiles, considerando que se trabajan tres turnos diarios y

en cada uno de ellos se cambia de agua dos tinas, las cuales poseen una capacidad de  $4,7 \text{ m}^3$  cada tina, es decir que por el cambio de agua en las tinas se pierden en promedio  $28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ . Del resultado del cálculo de las principales medidas de dispersión de los datos recopilados en la tabla 54 del anexo 3, se observa que no existe un error significativo, lo cual brinda cierto grado de confianza de los datos recopilados.

**Figura 68:** Pérdidas de agua en elementos de volumen y frecuencia conocida.



Elaborado por: El autor.

La figura 68 resume las pérdidas de agua que se producen en los elementos de volumen y frecuencia conocida, siendo distribuidos  $5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  de agua potable para el tanque de soda en anodizado,  $10 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  de agua osmotizada para el tanque de AE,  $5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  de agua potable para las tinas de matricería, de la cual el agua residual que se produce es usada en para preparar la soda de la planta de tratamiento, y  $28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  de agua osmotizada es usada para los cambios de agua en las tinas de pintura.

### 10.2.3. Balance de agua inicial a partir del uso de registros diarios.

**Tabla 18:** Balance de uso de agua inicial en los procesos productivos de la empresa.

	Entradas (m3/día)	%	Existencias (m3/día)	Salidas (m3/día)	%
<b>Capacidad Real Pozo 1+ rechazo osmosis</b>					
Producción real del Pozo N.º 1	719	75%	719	-	-
Rech. Osmosis G y P	240	25%	959	-	-
Fuga en filtro de arena	-	-	884	75	8%
Ablandadores	-	-	0	884	92%
<b>TOTAL</b>	959	100%		959	100%

<b>Proceso de ablandado</b>					
Filtro de arena	884	100%	884	-	-
Rechazo por enjuagues	-	-	800	84	10%
Agua ablandada	-	-	0	800	90%
<b>TOTAL</b>	884	100%		884	100%

<b>Distribución de agua ablandada</b>					
Ablandadores	800	100%	800	-	-
Cisterna N.º 1	-	-	459	341	43%
Cisterna N.º 4	-	-	157	302	38%
Cisterna N.º 6	-	-	64	93	12%
Reserva para tinas anodizado (valor teórico)	-	-	0	64	8%
<b>TOTAL</b>	800	100%		800	100%

<b>Distribución de agua ablandada de la cisterna N.º 1</b>					
Ablandadores	341	100%	341	-	-
Osmosis Inversa Grande	-	-	57	284	83%
Osmosis Inversa Pequeña	-	-	0	57	17%
<b>TOTAL</b>	341	100%		341	100%

<b>Distribución de agua ablandada de la cisterna N.º 4</b>					
Ablandadores	302	100%	302	-	-
Fundición	-	-	0	302	100%
Prensas (Ciclo cerrado, se recircula el agua de la cisterna 4 sin pérdidas)	318 m3/día				
<b>TOTAL</b>	302	100%		302	100%

Distribución de agua ablandada de la cisterna N.º 5					
Intercambiadores de calor de anodizado (Ciclo cerrado, recircula el agua de la cisterna 5, sin pérdidas).	4360 m3/día				
<b>TOTAL</b>	-	-		-	-

Distribución de agua ablandada de la cisterna N.º 6					
Ablandadores	93	100%	93	-	-
Extractor de Vapor	-	-	81	12	13%
Calderos	-	-	75	6	6%
Tinas Anodizado	-	-	0	75	81%
<b>TOTAL</b>	93	100%		93	100%

Proceso de Osmosis Inversa (Grande)					
Cisterna N.º 1	284	100%	284	-	-
Desecho	-	-	83	201	100%
<b>TOTAL</b>	284	100%		201	100%

Proceso de Osmosis Inversa (Pequeña)					
Cisterna N.º 1	57	100%	57	-	-
Desecho	-	-	17	40	100%
<b>TOTAL</b>	57	100%		40	100%

Distribución de agua Osmosis Grande y pequeña de la cisterna N.º 7					
Osmosis Inversa Grande	83	100%	83	-	-
Cambio de agua en tinas pintura	-	-	55	28	34%
Equipo Alutronic	-	-	40	15	18%
Tanque de AE	-	-	30	10	12%
Tinas de Anodizado	-	-	3	27	33%
Reserva cambio de agua tinas anodizado	-	-	0	3	4%
Equipo rectificador de voltaje (Ciclo cerrado, se recircula el agua de la cisterna 7, sin pérdidas).	31 m3/h				
<b>TOTAL</b>	83	100%		83	100%
Osmosis Inversa Pequeña (puede ingresar directamente a pintura sin ingresar a cisterna N.º 7)	17	100%	17	-	-
Tinas de Pintura	-	-	16	1	6%
Reserva cambio de agua tinas anodizado	-	-	0	16	94%
<b>TOTAL</b>	17	100%		17	100%

	Agua Potable				
Disponible de la red pública	31	100%	31	-	-
Matricería y soda en planta de tratamiento de aguas	-	-	26	5	16%
Tanques de Polímero	-	-	21	5	16%
Tanque soda caustica en anodizado	-	-	16	5	16%
Consumo humano y saneamiento			0	16	52%
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>100%</b>		<b>31</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** El autor.

En la tabla 18 se muestra el balance general del uso de agua en la planta productora de Aluminio Cedal S.A., Latacunga, en la cual se observa que la capacidad de producción real de extracción del Pozo N.º 1 es de  $719 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ , a este caudal se suman los rechazos o concentrados de los sistemas de osmosis inversa grande y pequeña que están en el orden de  $240 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  y se ingresan a la cisterna N.º 3 formando un caudal de  $959 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ , una vez allí se envían al filtro de arena en donde a consecuencia de la fuga en la válvula manual de retrolavado se pierden  $75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  que representan el 8%, para luego de esto los  $844 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  restantes ser ingresados al pretratamiento de ablandado, en el cual se obtiene agua ablandada en el orden de  $800 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  y los  $44 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  restantes se eliminan en forma de rechazo retirando el exceso de Calcio y Magnesio presentes en el agua. De los  $800 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  obtenidos  $302 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se destinan al área de fundición para el proceso de conformación de lingotes,  $284 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  son enviados al sistema de osmosis inversa grande,  $57 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  son enviados al sistema de osmosis inversa pequeña,  $93 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  a la cisterna de almacenamiento N.º 6 que posteriormente se distribuyen  $12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  a los extractores de vapor,  $6 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  calderos y  $75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  a las tinajas de anodizado.

El excedente de  $64 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  del proceso de ablandamiento ideal que se observa en el balance de agua (reserva para el lavado de tinajas), es en realidad un valor teórico que no se dispone físicamente y se lo analiza desde dos puntos de vista, el primer es que, al estimar la producción de los ablandadores se registra caudales de ingreso por un tiempo determinado y por cada ciclo en el cual las presiones de ingreso varían entre el inicio del ciclo que se registra el caudal y el final de dicho ciclo, es decir que al variar las presiones de ingreso de los ablandadores por la

oposición que estos presentan por cada ciclo, el agua que ya no es impulsada por la bomba de la cisterna N.º 3 hacia el filtro de arena y después hacia los ablandadores, es reingresada a través de una tubería de recirculación que dispone la bomba de la cisterna N.º 3 en la cual el agua vuelva a ingresar a dicha cisterna en caso de que existan variaciones de presión y caudal de los sistemas posteriores (los ablandadores), con ello se evitan dañar los elementos del sistema y enviar sólo la cantidad de agua necesaria que es requerida en los ablandadores.

El segundo se analiza considerando que, al llenarse las cisternas N.º 1, 4 y 6 se activan los indicadores de nivel de estas cisternas y apagan la bomba de suministro desde la cisterna N.º 3 hacia los ablandadores, y luego la cisterna N.º 3 una vez llena también activa el indicador de nivel que a su vez apaga la bomba del pozo N.º 1, con lo cual se deja de extraer dicho caudal, y por consiguiente si no existe un caudal de alimentación desde la cisterna N.º 3 hacia los ablandadores, estos no realizan el ablandado del agua, pero continúan trabajando de forma automática, de forma tal que solo se generan consumos de energía innecesarios, pues se mantienen encendidos hasta que el nivel de las cisternas N.º 1, 4 o 6 se reduzcan de acuerdo al uso de agua en las etapas posteriores, para que solo así, nuevamente se restablezca el suministro, como se explica matemáticamente a continuación:

Sabiendo que;

**Capacidad de almacenamiento de agua ablandada < Velocidad de producción de agua ablandada.**

Por ende,

Velocidad de producción de agua ablandada = Velocidad de los sistemas de OI grande y pequeña + demanda del área de fundición + demanda de cisterna N.º 6. (extractores de vapor, calderos de vapor y tinas de anodizado) + caudal no usado (teórico).

$$\text{Velocidad de producción de agua ablandada} = (341 + 302 + 93 + 64) \frac{\text{m}^3}{\text{día}}.$$

$$\text{Velocidad de producción de agua ablandada} = (341 + 302 + 93 + 64) \frac{\text{m}^3}{\text{día}}.$$

$$\text{Velocidad de producción de agua ablandada} = 800 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}.$$

Luego;

**Capacidad de almacenamiento de agua ablandada = Capacidad de cisterna N.º 6. + capacidad de cisterna N.º 4 + capacidad de la cisterna N.º 1.**



**Capacidad de almacenamiento de agua ablandada** =  $(35 + 39 + 38) \text{ m}^3$ .

**Capacidad de almacenamiento de agua ablandada** =  $112 \text{ m}^3$ .

Entonces;

$$\text{Tiempo de paro de la bomba de cisterna N.º 3} = \frac{112 \text{ m}^3}{800 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

**Tiempo de paro de la bomba de cisterna N.º 3** = 0,1521 días.

$$\text{Tiempo de paro de la bomba de cisterna N.º 3} = 0,1521 \text{ días} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}}$$

**Tiempo de paro de la bomba de cisterna N.º 3** = 3,65 horas.

En conclusión:

$$\text{Tiempo entre paros} = 60 - \left( \frac{3,65}{24} * 60 \right)$$

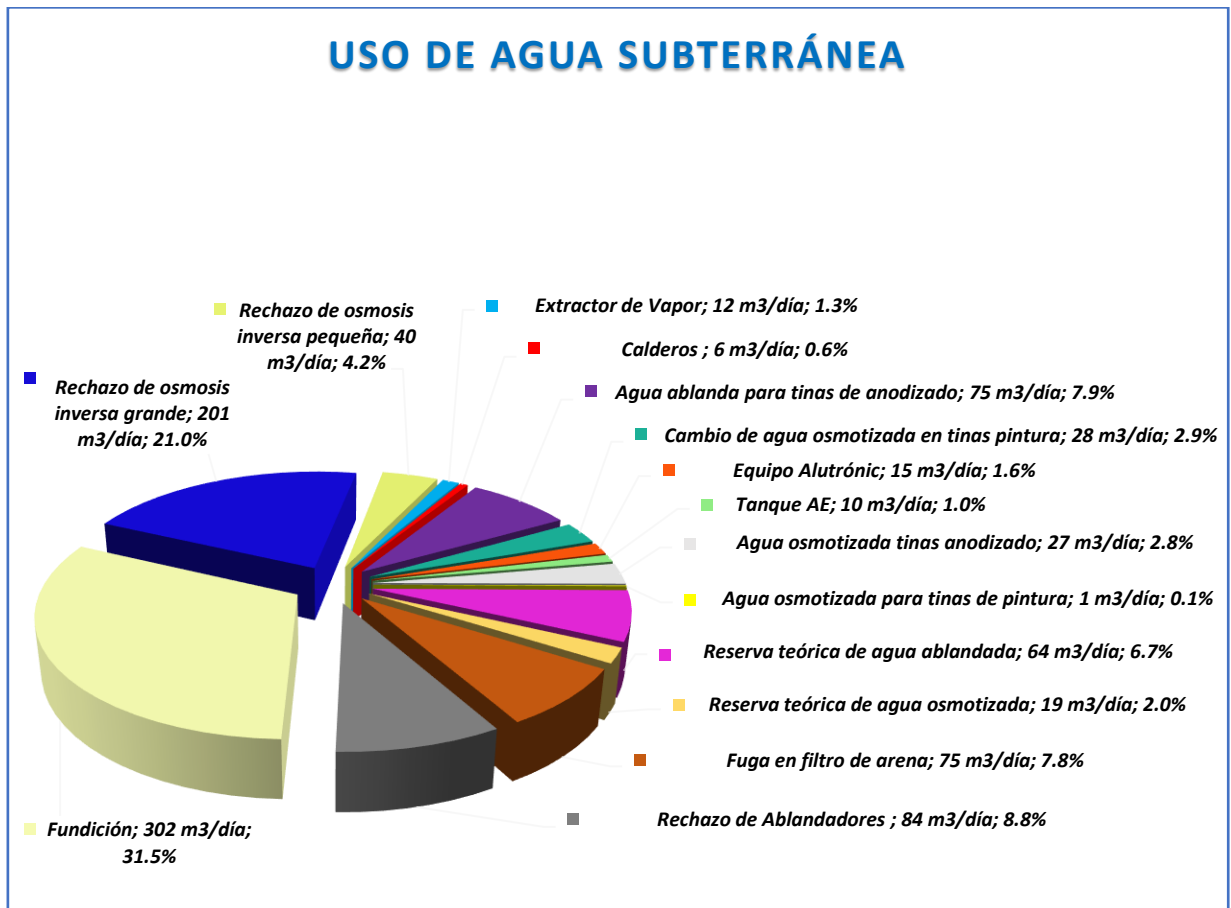
**Tiempo entre paros** = 50,9 min.

Es decir que cada 50,9 minutos se corta el suministro de caudal por un lapso de 9,1 minutos y nuevamente se restablecerá luego de haber transcurrido ese tiempo. De lo anterior se deduce que los ablandadores trabajan con una eficiencia bastante buena del 90% para tratar las aguas que se extraen desde el pozo N.º1, pero la capacidad de almacenamiento de las cisternas es limitada, lo cual obliga que se apague la bomba de la cisterna N.º 3 y consecuentemente la del pozo N.º1, esto provoca que el sistema no pueda extraer más cantidades de agua para cubrir las demandas, pues la capacidad nominal del pozo con la bomba actual está en el orden de los  $1006 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  y de ello solo se están extrayendo  $719 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  es decir el 71%. Es importante aclarar que los sistemas de refrigeración usan  $318 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para el área de prensas que salen desde la cisterna N.º 4, y  $4360 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  que salen desde la cisterna N.º 5 para los intercambiadores de calor que refrigeran las soluciones químicas en las tinas de anodizado, estos sistemas al ser cerrados y usados exclusivamente para la refrigeración de las prensas, estiradores, y las soluciones químicas, en la cual el agua que recircula constantemente, las pérdidas por evaporación no son consideradas representativas y tan solo el agua que se pierde es la que se destina a la refrigeración por aspersion sobre los lingotes en la salida de las prensas que no superan el 0,02% del agua circulada hacia esta área. De los  $284 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  que ingresan al sistema de osmosis

inversa grande,  $201 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  forman parte del rechazo de este proceso, el cual es reingresado hacia la cisterna N.º3, y tan solo  $83 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  que representan el 29% del agua se osmotizada, de las cuales  $28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se destinan para el cambio de agua en las tinas de pintura ,  $15 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para el equipo Alutronic de recuperación de ácido,  $10 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para el tanque de dosificación de AE,  $27 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para las tinas del proceso de anodizado que se pierden como parte de las purgas y por rebose, del total sólo se disponen de  $3 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  como reserva. De manera análoga sucede con el sistema de osmosis inversa pequeña que de  $57 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  que ingresan, tan solo  $17 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  que representan un 29,8 % se osmotizan y se destinan  $1 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para la tinas del área de pintura en las que se pierde agua por rebose y los  $16 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  restantes se mantienen de reserva para el cambio de agua en las tinas de anodizado, los  $40 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  restantes del ingreso a la osmosis inversa forman parte del rechazo que se reingresa hacia la cisterna N.º 3. Esto no solo significa que los sistemas de osmosis inversa grande y pequeña poseen una eficiencia muy baja alrededor del 30% inaceptable en cualquier proceso productivo, y ello sólo se disponen de  $19 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  como reserva, lo cual de acuerdo a las capacidades de las tinas de anodizado solo se puede realizar el cambio de agua de alrededor de una tina, todo esto se da a causa de que existe una acumulación progresiva de sólidos disueltos, materiales suspendidos y microorganismos que forman parte del desecho, y que por ser enviadas desde la ósmosis inversa grande y pequeña a la cisterna N.º 3 vuelven a ingresar al sistema, pasando por el filtro de arena, los ablandadores y terminando en los equipos de ósmosis inversa grande y pequeña, produciendo un deterioro de la calidad de agua, incrementos de consumo de químicos desincrustantes, floculantes y acortando la vida útil de las membranas. Del consumo promedio de agua potable de la red pública de la ciudad, se determina que  $5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se usan en el área de matricería para el enjuague y cocción de matrices, y dicho residuo de agua es reutilizado para la dosificación de soda caustica en la planta de tratamiento de aguas, como también  $5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  son usados para la preparación del polímero en la misma planta de aguas,  $5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se usan en el tanque de dosificación de soda caustica en el proceso de anodizado, y los  $15 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  restantes son usados para el consumo humano y

saneamiento. En la siguiente figura se muestra en uso de agua de origen subterráneo usada en las diferentes áreas y elementos del proceso productivo de la planta.

**Figura 69:** Uso de agua subterránea en la planta Cedal S.A.



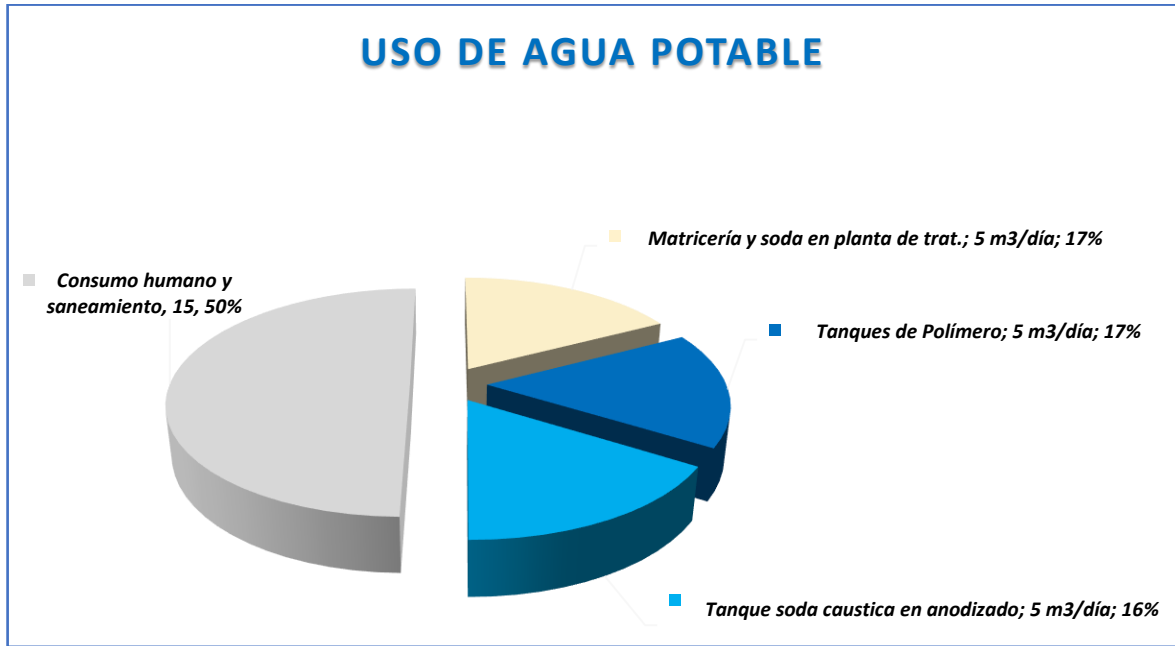
Elaborado por: El autor.

Los usos de agua subterránea que se dan en toda la planta se muestran en la figura 69, en la cual se evidencia que los puntos de mayor uso se encuentran en fundición, en los rechazos de OI grande y pequeña, el rechazo de los ablandadores, la fuga en el filtro de arena y en las tinas de anodizado.

Las demás zonas de uso no representan un consumo significativo, lógicamente para este análisis y los posteriores no se considera el uso de agua en los sistemas de refrigeración de los intercambiadores de anodizado y prensas, pues estos no representan pérdidas al ser circuitos cerrados.

El agua potable de la red pública que es usada para algunos procesos y para consumo humano y saneamiento de la planta se muestran en la siguiente figura.

**Figura 70:** Uso de agua potable en la planta Cedal S.A.

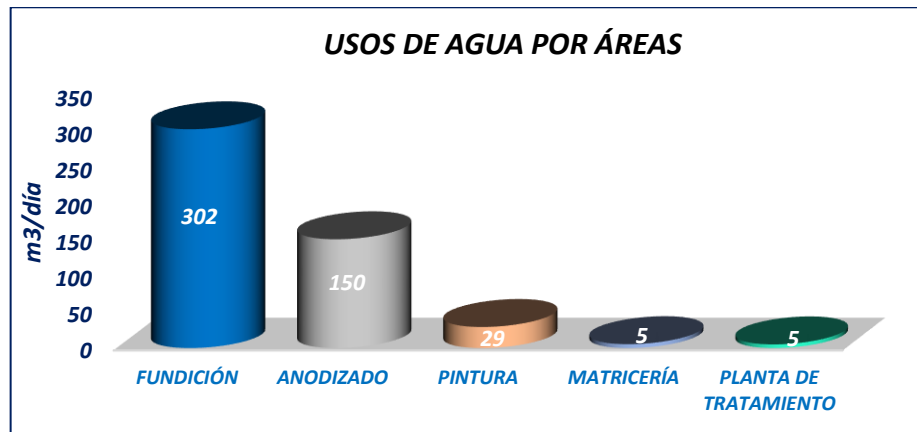


Elaborado por: El autor.

El agua potable que proviene de la red pública de la ciudad, se usa de acuerdo como se muestra en la figura 70, en la cual principalmente matricería y la planta de tratamiento son los procesos productivos que usan este tipo de agua con  $5 \frac{m^3}{día}$  cada una, y el agua restante que es el 50% del total, se considera que se usa para el consumo humano y saneamiento.

El uso de agua tanto de origen subterránea como potable por cada área del proceso productivo se muestra en la figura siguiente.

**Figura 71:** Usos de agua diario por cada área.



Elaborado por: El autor.

De acuerdo a los usos de agua tanto potable como subterránea para los procesos productivos por cada área productiva, en la figura 71 se muestra que el área de fundición es la que usa la mayor cantidad de agua ablandada, seguido por el área de anodizado que usan tanto, agua ablandada como osmotizada, el área de pintura que usa agua ablandada, finalmente matricería y la planta de tratamiento que usan agua potable.

La estimación de los costos mensuales por el uso de agua en cada área se representa en la siguiente figura.

**Figura 72:** Costo mensual de agua por cada área.

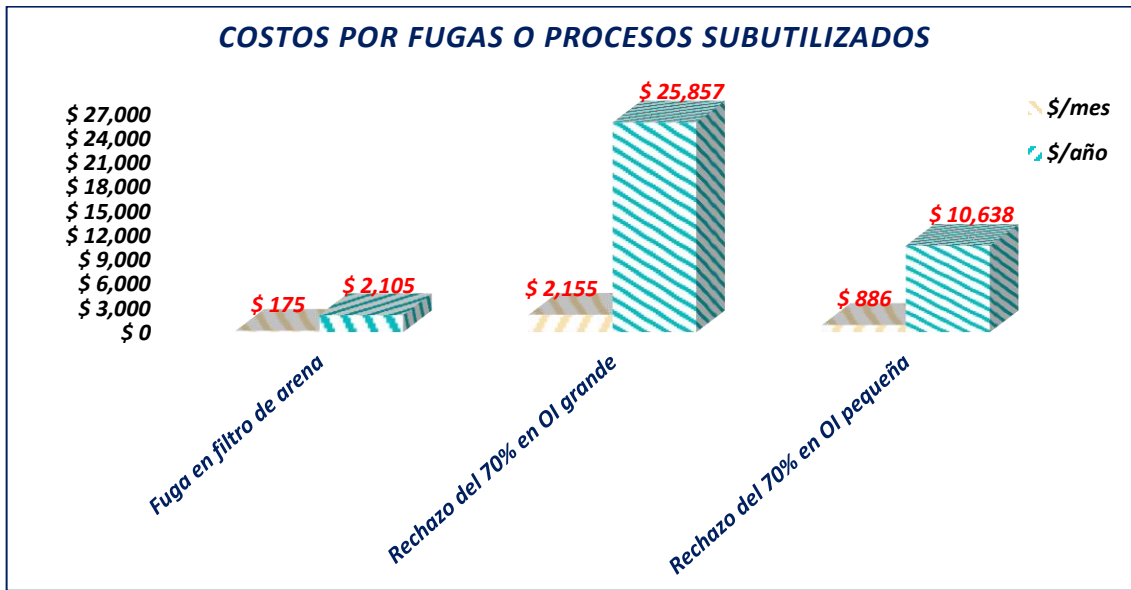


Elaborado por: El autor.

Sabiendo los consumos por área y los costos de agua en la empresa Cedal S.A. (ver tabla 19), se muestra en la figura 72 la cantidad de dinero mensualmente que se destina para cada área de producción, en la cual fundición, anodizado y pintura representan las zonas de mayor costo por uso de agua ablandada como osmotizada.

Para los elementos del sistema que presentan fugas o ineficiencias, en la figura siguiente se estima el costo asociado a ellas.

**Figura 73:** Costos por fugas o procesos subutilizados.



Elaborado por: El autor.

En la figura 73 se muestra el valor económico mensual y anual que representan las pérdidas de agua por fugas en el filtro de arena y por los rechazos excesivos en los sistemas de osmosis inversa grande y pequeña, en base a los costos de agua proporcionados por la empresa Cedal S.A., como se muestra en la tabla 19.

**Tabla 19:** Costos estimados de acuerdo al tipo de agua.

Tipo de agua	UDS/m3
Agua de Pozo profundo	0,048
Agua ablandada	0,231
Agua osmotizada, OI grande	0,357
Agua osmotizada, OI pequeña	0,739
Agua potable	0,740

Fuente: Empresa Cedal S.A.

Los costos proporcionados por la empresa para el análisis económico del uso y pérdidas de agua subterránea consideran los consumos de energía eléctrica, mantenimiento, concesión del pozo subterráneo, sal en grano, membranas semipermeables, y químicos, para los costos de agua potable se determina en base al pago mensual de la tarifa y del consumo que se realizó en dicho mes.

### **10.3. Sistema de acciones de mejora para el ahorro y uso eficiente del agua.**

A partir de la diagramación del sistema de tuberías y del balance de agua realizado, se seleccionan las acciones de mejora a ser implementadas partiendo del análisis cuantitativo por medio del diagrama de Pareto (figura 74) el cual evidencia las zonas de mayor consumo de agua, y del diagrama de Ishikawa (figura 75) para el análisis cualitativo, los cuales evidencian los problemas más frecuentes a los que se da mayor importancia para ser corregidos. Se enlistan las acciones más importantes seleccionadas del análisis cuantitativo y cualitativo realizados previamente, y se puntúan de acuerdo a criterios como, su viabilidad técnica, financiera, ambiental e institucional, para luego de acuerdo al criterio tomado en base a su puntuación (ver tabla 22), se obtienen las acciones que son implementadas como parte de la aplicación de un sistema de acciones de mejora para el ahorro y uso eficiente del agua, y se estima mediante el análisis de costo/beneficio, los beneficios anuales netos que se obtendrán de su aplicación. Se realiza la evaluación y control de las acciones implementadas por parte de la empresa, y mediante nuevas mediciones, y un balance de agua se determina el grado de cumplimiento de las acciones llevadas a cabo. Para mediciones posteriores de seguimiento y control de caudales dentro de la planta por medio del medidor ultrasónico, se elabora el instructivo de uso del mismo que permita llevar registros y tomar decisiones de ahorro y uso eficiente de manera oportuna.

#### **10.3.1. Selección de las acciones de mejora a proponer.**

El primer paso para determinar las acciones de mejora a implementar es realizar la identificación de las causas que generan mayores problemas a través del análisis cuantitativo con el uso del diagrama de Pareto el cual arroja las zonas de usos potenciales a las que se deben proponer las acciones de mejora para el ahorro y uso eficiente de agua, para que posteriormente sean corregidas. Además, considerando que los problemas que se pueden generar en el sistema de abastecimiento de agua no solo pueden ser cuantitativos, sino que también pueden ser cualitativos, es por ello que se usa el diagrama de Ishikawa, el cual permite la identificación de las causas que generan el efecto negativo en la disposición de la calidad y cantidad de agua para ser usada de forma racional en todos los procesos productivos.

Figura 74: Diagrama de Pareto para detectar consumos potenciales.

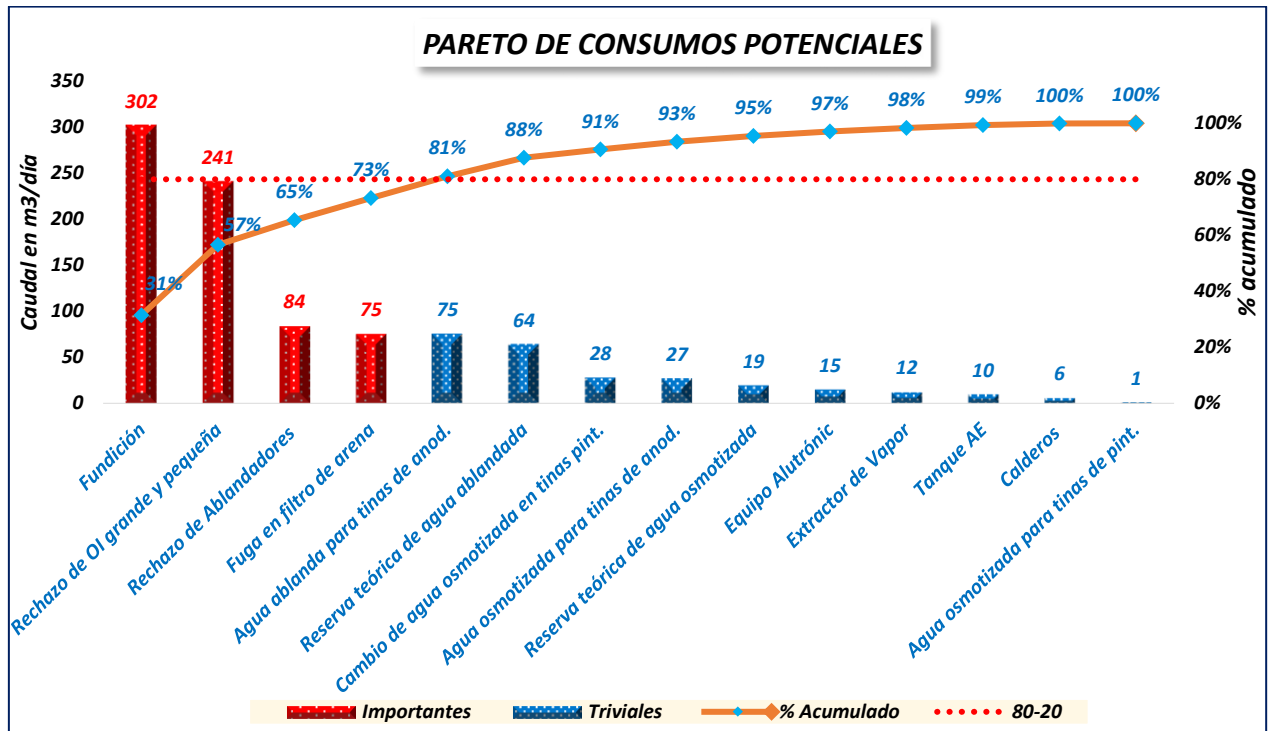
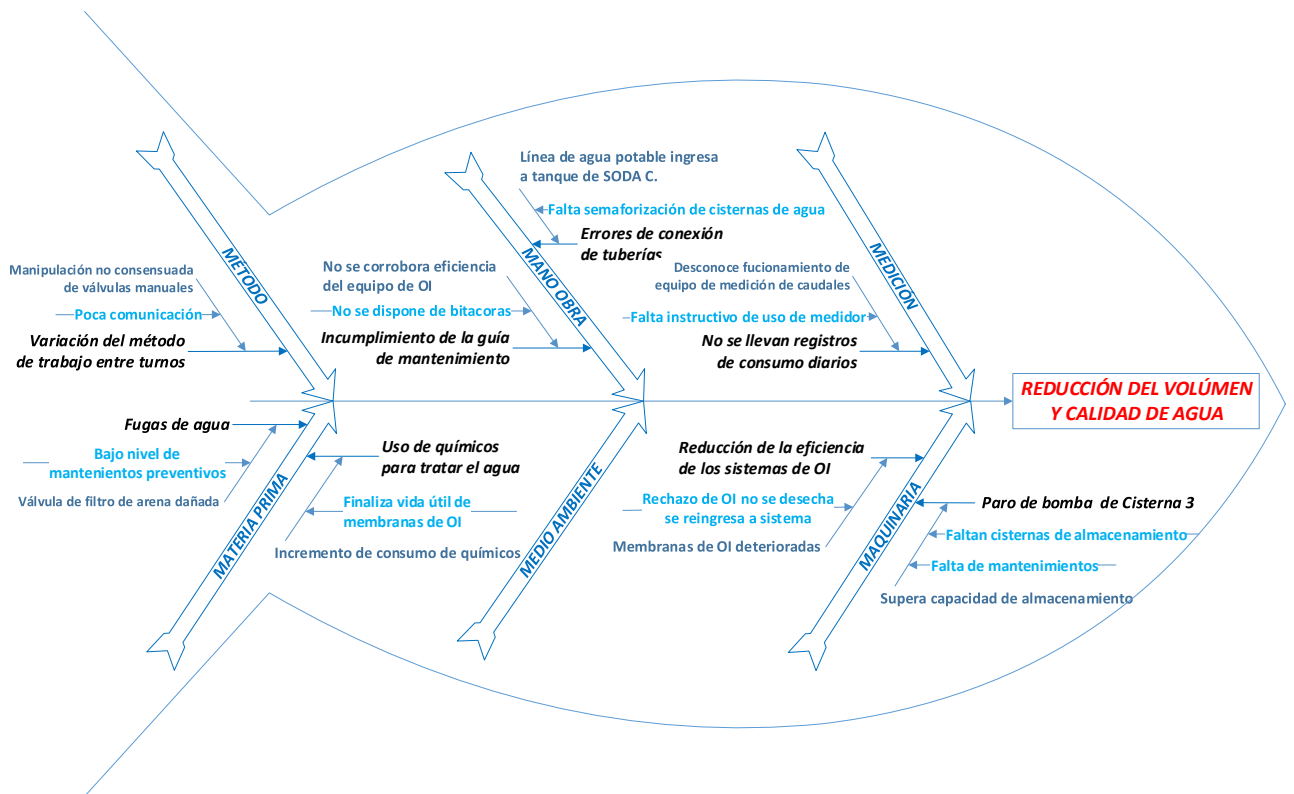


Figura 75: Diagrama de Ishikawa para evidenciar problemas.





Del diagrama de Pareto realizado que se muestra en la figura 74 se determinan las zonas de consumo potencialmente de agua, a los que se debe dar prioridad para la reducción de pérdidas de agua, y usos ineficientes, todos estos problemas más relevantes que originan la mayor parte de los consumos son de tipo cuantitativo y pasarán a determinarse en términos económicos, dichas acciones que se propongan pasaran a ser analizadas posteriormente para saber si son viables realizarlas o por el contrario no aportan beneficios o no cumplen con el objetivo principal, dichas acciones son enlistadas y pasan a ser analizadas en la tabla 20.

El diagrama de Ishikawa de la figura 75 permite seleccionar de manera cualitativa las causas de la reducción del volumen y la calidad de agua, las cuales se tomarán en cuenta posteriormente previo un análisis de viabilidad, que determinen cuales son las acciones que se llevarán a cabo para el ahorro y uso eficiente del agua, las más representativas se muestran en la tabla 20.

Una vez identificados los problemas en los diagramas de Pareto e Ishikawa se proceden a enlistar cada uno de ellos con sus posibles soluciones, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 20:** Listado de acciones de mejora, en base a los problemas más recurrentes.

N°	PROBLEMAS MÁS RECURRENTE	LISTADO DE PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE
1	Fundición	Recirculación el agua del proceso de fundición.
2	Rechazo de OI grande y pequeña	Cambio de las membranas de los equipos de OI grande y pequeña Envío de concentrados de los sistemas de OI hacia la planta de tratamiento de aguas residuales.
3	Rechazo de ablandadores	Cambio de resina de intercambio iónico.
4	Fuga en el filtro de arena	Reajuste de la válvula manual de retrolavado en el filtro de arena.
5	Paro de bomba de cisterna 3	Construir una cisterna para el almacenamiento de agua ablandada
6	No se llevan registros de consumos diarios	Realizar instructivo de uso de medidor ultrasónico para el control posterior de caudales.
7	Errores de conexión de tuberías	Cambio de la línea de alimentación en el tanque de soda cáustica de anodizado. Ubicar señaléticas en principales cisternas de almacenamiento.

**Elaborado por:** El autor.

De acuerdo a los problemas identificados del análisis cuantitativo del diagrama de Pareto y del cualitativo del diagrama de Ishikawa se plantean las propuestas de solución para cada una de ellos que permitan el ahorro y uso eficiente del agua.

Para la puntuación de las acciones de mejora se tomaron en consideración conjuntamente con el personal directivo y técnico de la empresa algunos de los siguientes indicadores:

*Viabilidad técnica.* - En base a ella se considera si es posible y conviene llevar a cabo dichas propuestas tomando en cuenta los recursos actuales con los que se dispone. Se puntúa entre el rango de 0 a 5 y se toma como viable el mayor valor.

*Viabilidad Financiera.* - Se usa para determinar si existe el monto necesario para realizar dichas mejoras. Se puntúa entre el rango de 0 a 5 y se toma como bajo costo de inversión el de mayor valor o el que genere mejores beneficios.

*Viabilidad Ambiental.* - Hace referencia a los beneficios medioambientales generados por la aplicación de las acciones. Se usa el rango de puntuación de 0 a 5, y se toma como más favorable el mayor valor.

*Viabilidad Institucional.* - Con este indicador se determina si la empresa brinda el apoyo necesario para la ejecución, evaluación y control de las acciones a implementarse, enmarcados dentro de las políticas y estratégicas institucionales. Se califica en base al rango de 0 a 5, y se toma como más viable el de mayor valor.

Considerando lo anterior, se procede a valorar cada una de las posibles acciones de mejora a realizarse para determinar su viabilidad, como se muestran en la tabla 21.

**Tabla 21:** Matriz de priorización para determinar las acciones de mejora a proponer.

N°	PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE	INDICADORES				PROMEDIO
		Viabilidad Técnica	Viabilidad Financiera	Viabilidad Ambiental	Viabilidad Institucional	
1	Recirculación el agua del proceso de fundición.	3	2,5	3	3	2,9
2	Cambio de las membranas de los equipos de OI grande y pequeña	5	4	4	5	4,5
3	Envío de concentrados de los sistemas de OI hacia la planta de tratamiento de aguas residuales.	5	4	1	1	2,7
4	Cambio de resina de intercambio	3	3	3	2,5	2,9

5	Reajuste de la válvula manual de retrolavado en el filtro de arena.	5	5	5	5	5,0
6	Construir una cisterna para el almacenamiento de agua ablandada	3	2	2	3	2,5
7	Realizar instructivo de uso de medidor ultrasónico para el control posterior de caudales.	4	5	4	3,5	4,1
8	Cambio de la línea de alimentación en el tanque de soda cáustica de anodizado.	5	5	5	5	5,0
9	Ubicar señaléticas en principales cisternas de almacenamiento.	4	4	4	5	4,3

**Elaborado por:** El autor.

La tabla 21 muestra la puntuación para las nueve acciones seleccionadas con su respectivo promedio aritmético que servirá como criterio para que sea aceptada o rechazada.

Para determinar si las acciones puntuadas pueden ser aplicadas se toma en consideración el criterio en base a la valoración obtenida del promedio para cada una de ellas como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 22:** Valoración y criterio de puntuación de las acciones implementar.

CRITERIO	VALORACIÓN (pts.)
Se acepta la propuesta	de 3,1 a 5
Se aplaza en el tiempo	de 1,76 a 3
Se rechaza automáticamente	de 0 a 1,75

**Elaborado por:** El autor.

Para cada valoración se tiene un criterio específico como se muestra en la tabla 22, en la cual las acciones son aceptadas para ser realizadas de manera inmediata, son aplazadas para ser consideradas posteriormente ya que no representan una importancia determinante o a su vez son rechazadas automáticamente ya que no son consideradas necesarias.

En la tabla siguiente se muestran las acciones que se llevarán a cabo previo el análisis de viabilidad realizado.

**Tabla 23:** Acciones de mejora a implementar.

N°	PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE	PUNTUACIÓN
1	Reajuste de la válvula manual de retrolavado en el filtro de arena.	5,0
2	Cambio de la línea de alimentación en el tanque de soda cáustica de anodizado.	5,0
3	Cambio de las membranas de los equipos de OI grande y pequeña	4,5
4	Ubicar señaléticas en principales cisternas de almacenamiento.	4,3
5	Realizar instructivo de uso de medidor ultrasónico para el control posterior de caudales.	4,1

Elaborado por: El autor.

En la tabla 23 se muestran las acciones de mejora con su respectiva puntuación, que indican el orden en el que se llevarán a cabo dentro de la empresa, como parte de la aplicación de un sistema de acción de mejoras para el ahorro y uso eficiente de agua.

### 10.3.2. Análisis de los beneficios a obtener producto del sistema de acción de mejoras.

Los beneficios a obtener de acuerdo al tipo de acción de mejora que se implemente, establecerán el beneficio total actual neto en términos cuantificables, o a su vez los beneficios en términos no cuantificables que conlleven a mejorar el control sobre el sistema, para el ahorro y uso eficiente del agua.

#### Beneficios cuantificables de las acciones de mejora a implementar.

##### ✓ Reajuste de la válvula manual de retrolavado en el filtro de arena.

Para el reajuste de la válvula manual de retrolavado en el filtro de arena se consideran los siguientes rubros:

**Tabla 24:** Costo por fugas en el filtro de arena.

Pérdidas por fugas	m3/día	\$/mes	\$/año
Fuga en filtro de arena	75	\$ 175	\$ 2.105

Elaborado por: El autor.

La tabla 24 muestra el costo del agua mensual y anual que se pierde por la fuga en la válvula de retrolavado, en base al caudal perdido diario y a los costos de la tabla 19.

$$\text{Ahorros esperados por no desperdiciar agua (AECA)} = \frac{\$ 2.105}{\text{año}}$$

Para estimar los costos de amortización de capital se considera las horas hombre invertidas para el reajuste de la válvula, el costo por hora hombre y la vida útil de la corrección realizada.

$$\text{Costos de amortización de capital (CACO)} = \frac{\text{costo de implementación}}{\text{vida útil}}$$

$$\text{Costos de amortización de capital (CACO)} = \left(\frac{1}{2} H-h\right) * \frac{\$ 3,42}{5 \text{ años}} = \frac{\$ 1,71}{5 \text{ años}} = \frac{\$ 0,342}{\text{año}}$$

Los costos adicionales que se refieren al mantenimiento de las acciones realizadas para este caso no se consideran pues esta corrección no generará costos adicionales.

$$\text{Costos adicionales de operación (CAOA)} = \frac{\$0}{\text{año}}$$

Luego,

$$\text{Beneficio total anual neto (BNTA)} = \text{AECA} \left(\frac{\$}{\text{año}}\right) - \text{CACO} \left(\frac{\$}{\text{año}}\right) - \text{CAOA} \left(\frac{\$}{\text{año}}\right)$$

$$\text{Beneficio total anual neto (BNTA)} = \frac{\$2.105}{\text{año}} - \frac{\$ 0,342}{\text{año}} - \frac{\$0}{\text{año}}$$

$$\text{Beneficio total anual neto (BNTA)} = \frac{\$ 2.014,6}{\text{año}}$$

✓ **Cambio de la línea de alimentación en el tanque de soda cáustica de anodizado.**

Para el cambio de la línea de alimentación de agua potable por agua ablandada hacia el tanque de dosificación de soda cáustica en anodizado, se analizan para efectos de este trabajo los beneficios económicos por ahorro de agua potable que se reemplaza por agua ablandada, más no se toman en consideración los efectos de la calidad e índice de rechazo en los baños de anodizado que esta ocasione.

**Tabla 25:** Costo por uso de agua potable o ablandada en el tanque de soda.

Detalle	m3/día	\$/mes	\$/año
Agua potable en tanque de soda (actual)	5	\$ 111	\$ 1332
Agua ablandada en tanque de soda (propuesta)	5	\$ 35	\$ 416
<b>Ahorro</b>	-	<b>\$ 76,3</b>	<b>\$ 915,6</b>

Elaborado por: El autor.

En la tabla 25 se muestra la diferencia en costos de usar agua ablandada y potable para el tanque de dosificación de soda caustica en anodizado.

$$\text{Ahorros esperados en agua potable (AECA)} = \frac{\$ 915,6}{\text{año}}$$

Los costos de amortización están determinados por el tiempo de horas hombre necesarias para corregir la instalación, el costo de hora hombre, el costo de los materiales empleados y la vida útil de la instalación.

$$\text{Costos de amortización de capital (CACO)} = \frac{\text{costo de implementación}}{\text{vida útil}}$$

$$\text{Costos de amortización de capital (CACO)} = \frac{\text{costo de mano de obra} + \text{costo de materiales}}{\text{vida útil}}$$

$$\text{Costos de amortización de capital (CACO)} = \frac{(8 \text{ H-h}) * \left(\frac{\$ 3,42}{\text{H-h}}\right) + (\$ 30)}{10 \text{ años}} = \frac{\$ 5,73}{\text{año}}$$

Para esta acción no se consideran costos adicionales por la implementación.

$$\text{Costos adicionales de operación (CAOA)} = \frac{\$ 0}{\text{año}}$$

Por ende,

$$\text{Beneficio total anual neto (BNTA)} = \text{AECA} \left(\frac{\$}{\text{año}}\right) - \text{CACO} \left(\frac{\$}{\text{año}}\right) - \text{CAOA} \left(\frac{\$}{\text{año}}\right).$$

$$\text{Beneficio total anual neto (BNTA)} = \frac{\$ 915,6}{\text{año}} - \frac{\$ 5,73}{\text{año}} - \frac{\$ 0}{\text{año}}.$$

$$\text{Beneficio total anual neto (BNTA)} = \frac{\$ 909,8}{\text{año}}$$

### ✓ Cambio de las membranas de los equipos de OI grande y pequeña

**Tabla 26:** Costo por desechar agua en los procesos de OI grade y pequeña.

Detalle	m3/día	\$/mes	\$/año
Agua que se desecha de la OI grande con 30% de eficiencia (actual)	201	\$ 2.155	\$ 25.857
Agua que se desecha de la OI grande con 65% de eficiencia (propuesta)	99	\$ 1.066	\$ 12.787
<b>Ahorro del sistema de OI grande</b>	<b>102</b>	<b>\$ 1.089</b>	<b>\$ 13.070</b>
Agua que se desecha de la OI pequeña con 30% de eficiencia (actual)	40	\$ 886	\$ 10.638
Agua que se desecha de la OI pequeña con 65% de eficiencia (propuesta)	20	\$ 442	\$ 5.306
<b>Ahorro del sistema de OI pequeña</b>	<b>20</b>	<b>\$ 444</b>	<b>\$ 5.332</b>
<b>Ahorro total los sistemas de OI grande y pequeña</b>	<b>122</b>	<b>\$ 1.534</b>	<b>\$ 18.402</b>

Elaborado por: El autor.

En la tabla 26 se resumen los costos por desechar agua en los sistemas de OI grande y pequeña, al tener una eficiencia del 30% (actual) y la que se obtendrá luego del cambio de membranas la cual es del 65% (propuesta). De ello se obtiene el ahorro anual esperado por implementar esta acción en los dos sistemas de OI, sin tomar en consideración para efectos de este trabajo los costos por reducción de químicos que se presentan con la aplicación de dicha acción.

$$\text{Ahorros esperados por realizar el cambio de membranas (AECA)} = \frac{\$ 18.402}{\text{año}}$$

Para los costos de amortización se consideraron las 4 horas de trabajo continuo que se tarda en la instalación de las nuevas membranas de OI en los equipos grande y pequeño por parte del asistente de mantenimiento, un mecánico y un ayudante de anodizado, con su respectivo costo en horas-hombre, considerando además una vida útil de 5 años para las membranas de OI.

$$\text{Costos de amortización de capital (CACO)} = \frac{\text{costo de implementación}}{\text{vida útil}}$$

$$\text{Costos de amortización de capital (CACO)} = \frac{\text{costo de mano de obra} + \text{costo de materiales}}{\text{vida útil}}$$

$$\text{Costos de amortización de capital (CACO)} = \frac{(4 \text{ H-h}) * \left( \left( \frac{\$ 10}{\text{H-h}} \right) + \left( \frac{\$ 3,42}{\text{H-h}} \right) + \left( \frac{\$ 3,24}{\text{H-h}} \right) \right) + (\$ 15.603,7)}{5 \text{ años}}$$

$$\text{Costos de amortización de capital (CACO)} = \frac{\$ 3.134,07}{\text{año}}$$

Los costos adicionales no son considerados, debido a que no existen cargos adicionales por el cambio de membranas de igual tecnología que la anterior.

$$\text{Costos adicionales de operación (CAOA)} = \$0/\text{año}$$

En consecuencia,

$$\text{Beneficio total anual neto (BNTA)} = \text{AECA}(\$/\text{año}) - \text{CACO}(\$/\text{año}) - \text{CAOA}(\$/\text{año}).$$

$$\text{Beneficio total anual neto (BNTA)} = \$18.402/\text{año} - \$ 3.134,07/\text{año} - \$0/\text{año}.$$

$$\text{Beneficio total anual neto (BNTA)} = \$ 15.267, 93/\text{año}.$$

### **Beneficios no cuantificables de las acciones de mejora a implementar.**

#### ✓ **Ubicar señaléticas en principales cisternas de almacenamiento.**

Los beneficios que se presentan por la ubicación de señaléticas en las principales cisternas de almacenamiento de agua permiten no solo la identificación de tipo de agua por cada cisterna de almacenamiento, sino que además favorece el control del suministro y disponibilidad de agua cuando los sistemas de control sufran daños y para el caso del personal en etapa de adiestramiento.

#### ✓ **Realizar el instructivo de uso del medidor ultrasónico para el control posterior de caudales.**

Uno de los recursos tecnológicos utilizados, que proporciona versatilidad y precisión en la toma de datos para la determinación de caudales, es el medidor de caudal ultrasónico TDS-100H, adquirido por la empresa exclusivamente como iniciativa para mejorar sus procesos productivos, y que es una importante herramienta para la realización de este trabajo.

Es por ello que se plantea la realización de un instructivo de uso del medidor ultrasónico que permita el control posterior de caudales en las zonas estratégicas prescritas en los apartados anteriores, y con ello mejorar el control in situ del sistema de aguas, en las fases de extracción, tratamiento y distribución de la planta. Para dichos efectos se muestra el instructivo realizado, en el anexo 5 de este trabajo.

En las tablas 27 y 28 se muestran en resumen los beneficios cuantificables y no cuantificables por la aplicación de las acciones de mejora para el ahorro y uso eficiente del agua.

**Tabla 27:** Beneficios cuantificables esperados.

<b>Detalle de la acción</b>	<b>Tipo de beneficio</b>	<b>Ahorro esperado (\$/año)</b>
Reajuste de la válvula manual de retrolavado en el filtro de arena.	Cuantificable	2.014,60
Cambio de la línea de alimentación en el tanque de soda cáustica.	Cuantificable	\$ 909,80
Cambio de las membranas de los equipos de OI grande y pequeña.	Cuantificable	\$ 15.267,93
<b>Total, Beneficios cuantificables</b>		<b>\$18.192,33</b>

**Elaborado por:** El autor.

El beneficio total anual neto esperado de la aplicación de las tres acciones de mejora mostradas en la tabla 27 es de \$ 18.192,33 lo que representa un valor considerable y muy beneficioso económicamente.



**Tabla 28:** Beneficios no cuantificables esperados.

Detalle de la acción	Tipo de beneficio	Beneficios no cuantificables
Ubicar señaléticas en principales cisternas de almacenamiento.	No cuantificable	Identificación de tipo de agua, control y suministro si los sistemas de control presentan daños, personal en etapa de adiestramiento.
Realizar instructivo de uso de medidor ultrasónico para el control posterior de caudales.	No cuantificable	Control posterior de caudales en zonas estratégicas.

**Elaborado por:** El autor.

Los beneficios no cuantificables de implementar las dos acciones mejora se muestran en la tabla 28, las cuales benefician para los controles posteriores que se lleven a cabo dentro del sistemas se aguas de la planta.

### 10.3.3. Evaluación y control del sistema de acción de mejoras implementado.

Es esta etapa se realiza el seguimiento y control de las acciones implementadas, para determinar el grado de cumplimiento, para ello se realiza el cronograma de cumplimiento de las acciones, y posteriormente se verifica la realización de las mismas dentro de los plazos establecidos.

**Tabla 29:** Cronograma de cumplimiento del sistema de acción de mejoras.

N.º	Actividades	1er. mes				2do. mes				3er. mes				
		Semanas												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Reajuste de la válvula manual de retrolavado en el filtro de arena.													
2	Cambio de la línea de alimentación en el tanque de soda cáustica de anodizado.													
3	Cambio de las membranas de los equipos de OI grande y pequeña.													
4	Ubicar señaléticas en principales cisternas de almacenamiento.													
5	Realizar instructivo de uso de medidor ultrasónico para el control posterior de caudales.													

**Elaborado por:** El autor.

La tabla 29 muestra el cronograma planteado para la aplicación de las acciones de mejora dentro de la empresa, las cuales son verificadas y controladas para evidenciar su grado de cumplimiento.

### **Acciones implementadas para el ahorro y uso eficiente agua.**

Para corroborar que se hayan implementados las acciones de mejora de acuerdo a la planificación establecida, se realiza el seguimiento de dichas acciones implementadas que determinen si se logró cumplir con los objetivos trazados para el ahorro y uso eficiente del agua en la planta que se trazaron inicialmente, y en consecuencia luego de las acciones implementadas, con nuevas mediciones realizadas se realiza el balance agua actual de la planta (ver tabla 30), y los beneficios adquiridos por cada una de ellas.

#### **✓ Válvula manual de retrolavado en el filtro de arena reajustada.**

**Figura 76:** Filtro de arena vertical sin fugas de agua.



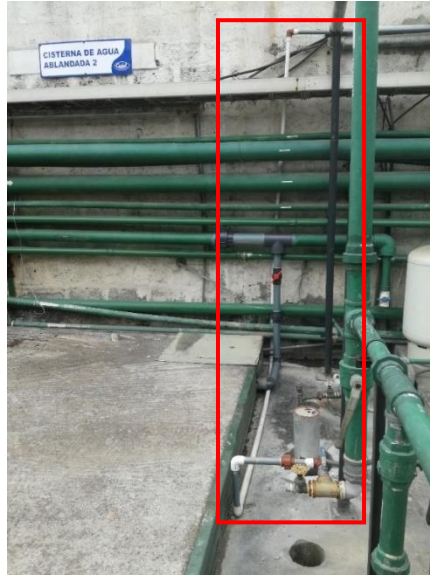
**Fuente:** El autor.

El filtro de arena de la figura 76 presentaba fugas de agua a causa de la válvula de mariposa mal ajustada que se usa para el retrolavado, lo que ocasionaba pérdidas de agua en el orden de  $75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ , y económicamente representaba \$ 2.014,60 que se perdían anualmente.

Con el reajuste la válvula de retrolavado que se muestra en la figura 76 permite que se eliminen las pérdidas de agua en el filtro de arena vertical en la fase de extracción y tratamiento de aguas, para ello se emplea la colaboración de un mecánico de mantenimiento por el lapso de media hora.

✓ **Cambio de la línea de alimentación en el tanque de soda cáustica de anodizado.**

**Figura 77:** Instalación de tubería de agua ablandada en tanque de soda caustica.



**Fuente:** El autor.

El cambio de la línea de alimentación de agua potable hacia el tanque dosificador de soda caustica, por agua ablandada que proviene desde la cisterna N.º 6 como se muestra en la figura 77, es realizada por un mecánico durante 8 horas consecutivas.

**Figura 78:** Tanque de dosificación de soda caustica de anodizado.



**Fuente:** El autor.

El tanque de dosificación de soda caustica de la figura 78, alimentada por agua potable de la red pública, la cual contiene  $180 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$  de cloruros, y supera lo recomendado para los baños de

anodizado que es de  $100 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$ , dando lugar a una consecuente afectación en el proceso de anodizado, generando rechazos del producto terminado por picados negros.<sup>3</sup>

✓ **Cambio de las membranas de los equipos de OI grande y pequeña.**

**Figura 79:** Membranas semipermeables a ser cambiadas en los sistemas de OI.



**Fuente:** El autor.

Las membranas de OI de la figura 79 se utilizan para sustituir las membranas anteriores que proporcionaban eficiencias inferiores al 30% en los dos sistemas.

**Figura 80:** Cambio de membranas en los equipos de OI grande y pequeño.



**Fuente:** El autor.

---

<sup>3</sup> De acuerdo a directrices de la marca de calidad QUALANOD para el anodizado del Aluminio en medio sulfúrico, 2010.

El cambio de las membranas de los equipos de OI grande y pequeña que se muestran en la figura 80, se efectúa por el personal del área de mantenimiento de la empresa, conformado por, el supervisor de mantenimiento, un mecánico y un ayudante del área de anodizado, por el lapso de 4 horas consecutivas.

✓ **Ubicar señaléticas en principales cisternas de almacenamiento.**

**Figura 81:** Semaforización de las cisternas de almacenamiento de agua primera etapa.



**Fuente:** El autor.

En la figura 81 se muestra la señalética ubicada para la identificación de las cisternas N.º 1 que contiene agua ablandada, y la cisterna N.º 2 que se produce la decantación hacia la cisterna N.º 3 con agua dura.

**Figura 82:** Semaforización de las cisternas de almacenamiento de agua segunda etapa.



**Elaborado por:** El autor.

La figura 82 se muestra la señalética de identificación ubicada en las cisternas N.º 4, N.º 5, y N.º 6 de agua ablandada, y la cisterna N.º 7 que contiene agua osmotizada.

- ✓ **Realizar el instructivo de uso del medidor ultrasónico para el control posterior de caudales.**

Como última acción a implementar, se realiza el instructivo de uso del medidor ultrasónico TDS-100H (ver anexo 5) adquirido por la empresa con objeto de optimizar sus procesos productivos a través del control del uso de agua, es por ello que este instructivo ayudará para llevar el control y registro posterior de caudales en mediciones que se realicen in situ.

**Figura 83:** Equipo ultrasónico de medición de caudales registro in situ.



**Elaborado por:** El autor.

Con el instructivo de uso del equipo de medición ultrasónico mostrado en la figura (83), se podrá llevar controles y registros de caudales por parte de cualquier persona dentro de la empresa.

A partir de las acciones de mejora realizadas y de los controles llevando a cabo de su ejecución se realiza nuevas mediciones para establecer el balance de uso de agua actual de la planta como se muestra en la tabla siguiente.

### 10.3.4. Realización del balance de agua final a partir del uso de registros diarios.

**Tabla 30:** Balance de uso de agua final en los procesos productivos de la empresa.

	Entradas (m3/día)	%	Existencias (m3/día)	Salidas (m3/día)	%
<b>Capacidad Real Pozo 1+ rechazo osmosis</b>					
Producción real del Pozo N.º 1	765	87%	765	-	-
Rech. Osmosis G y P	119	13%	884	-	-
Ablandadores	-	-	0	884	100%
<b>TOTAL</b>	884	100%		884	100%
<b>Proceso de ablandado</b>					
Filtro de arena	884	100%	884	-	-
Rechazo por enjuagues	-	-	800	84	10%
Agua ablandada	-	-	0	800	90%
<b>TOTAL</b>	884	100%		884	100%
<b>Distribución de agua ablandada</b>					
Ablandadores	800	100%	800	-	-
Cisterna N.º 1	-	-	459	341	43%
Cisterna N.º 4	-	-	157	302	38%
Cisterna N.º 6	-	-	59	98	12%
Reserva para tinas anodizado (valor teórico)	-	-	0	59	7%
<b>TOTAL</b>	800	100%		800	100%
<b>Distribución de agua ablandada de la cisterna N.º 1</b>					
Ablandadores	341	100%	341	-	-
Osmosis Inversa Grande	-	-	57	284	83%
Osmosis Inversa Pequeña	-	-	0	57	17%
<b>TOTAL</b>	341	100%		341	100%
<b>Distribución de agua ablandada de la cisterna N.º 4</b>					
Ablandadores	302	100%	302	-	-
Fundición	-	-	0	302	100%
Prensas (Ciclo cerrado, se recircula el agua de la cisterna 4 sin pérdidas).	318 m3/h				
<b>TOTAL</b>	302	100%		302	100%
<b>Distribución de agua ablandada de la cisterna N.º 5</b>					
Intercambiadores de calor de anodizado (Ciclo cerrado, se recircula el agua de la cisterna 5, sin pérdidas).	4360 m3/h				

<b>TOTAL</b>	-	-	-	-
--------------	---	---	---	---

Distribución de agua ablandada de la cisterna N.º 6					
Ablandadores	98	100%	98	-	-
Extractor de Vapor	-	-	86	12	12%
Calderos	-	-	80	6	6%
Tanque soda caustica en anodizado	-	-	75	5	5%
Tinas Anodizado	-	-	0	75	77%
<b>TOTAL</b>	98	100%		98	100%

Proceso de Osmosis Inversa (Grande)					
Cisterna N.º 1	284	100%	284	-	-
Desecho	-	-	185	99	100%
<b>TOTAL</b>	284	100%		99	100%

Proceso de Osmosis Inversa (Pequeña)					
Cisterna N.º 1	57	100%	57	-	-
Desecho	-	-	37	20	100%
<b>TOTAL</b>	57	100%		20	100%

Distribución de agua de Osmosis Grande y pequeña de la cisterna N.º 7					
Osmosis Inversa Grande	185	100%	185	-	-
Cambio de agua en tinas pintura	-	-	157	28	15%
Equipo Alutronic	-	-	142	15	8%
Tanque AE	-	-	132	10	5%
Tinas de Anodizado	-	-	105	27	15%
Reserva cambio de agua tinas anodizado	-	-	0	105	57%
Equipo rectificador de voltaje (Ciclo cerrado, se recircula el agua de la cisterna 7, sin pérdidas)	31 m3/h				
<b>TOTAL</b>	185	100%		185	100%

Osmosis Inversa Pequeña (puede ingresar directamente a pintura sin ingresar a cisterna N.º 7)	37	100%	37	-	-
Tinas de Pintura	-	-	36	1	6%
Reserva cambio de agua tinas anodizado	-	-	0	36	94%
<b>TOTAL</b>	37	100%		17	100%



	Agua Potable				
Disponible de la red pública	26	100%	26	-	-
Matricería y soda en planta de tratamiento	-	-	21	5	19%
Tanques de Polímero	-	-	16	5	19%
Consumo humano y saneamiento			0	16	62%
<b>TOTAL</b>	26	100%		26	100%

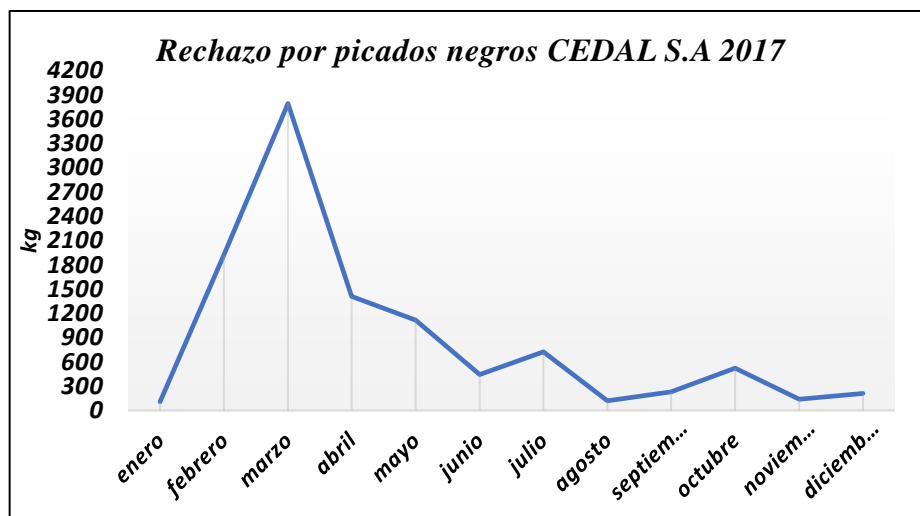
Elaborado por: El autor.

La tabla 30 muestra el balance de uso de agua realizado posterior a las acciones de mejora implementadas para el ahorro y uso eficiente de agua, en la cual se aprecia que la capacidad de producción real del pozo subterráneo N.º 1 es de  $765 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ , esto como resultado de la reducción del rechazo de los sistemas de OI grande y pequeña de un 70% a un 35%, que sumados a este ingresan al filtro de arena el cual ya no posee pérdidas por fugas y abastece a los equipos de ablandamiento con un caudal promedio en el orden de  $884 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ , los ablandadores trabajan con una eficiencia del 90% y el agua ablandada obtenida de  $800 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se distribuyen,  $341 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  a la cisterna N.º 1 de la cual  $284 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  van a aparar al sistema de OI grande y  $57 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  al sistema de OI pequeña,  $302 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se destina a la cisterna N.º 4, la cual es provechada por el área de fundición para el procesos de conformación de lingotes,  $98 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se dirigen a la cisterna N.º 6, de la cual  $12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  son enviados al extractor de vapor de la tina de soda caustica,  $6 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se envía al caldero de vapor N.º 1, los  $5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se usan en el tanque de dosificación de soda caustica en el cual se realizó el cambio de alimentación de agua ablandada por potable, y los  $75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  del agua ablandada restante obtenida de los ablandadores se destina a las tinas del área de anodizado.

Los sistemas de OI al incrementar su eficiencia de 30% a 65% producen mayor cantidad de agua, el equipo de OI grande de los  $185 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  de agua osmotizada producida destina  $28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para el cambio de agua en las tinas de pintura,  $15 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para el equipo Alutronic de recuperación de ácido,  $10 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para el tanque de dosificación de AE,  $27 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para las tinas de anodizado, y  $105 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  quedan como reserva para el cambio de agua en las tinas de enjuague en el área de anodizado, de manera análoga el equipo de OI pequeña de los  $37 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  de producción de agua osmotizada

destina  $1 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  a las tinas de pintura para reponer el agua perdida a consecuencia de los reboses producidos, y los  $36 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  restantes sirven como reserva para el cambio de agua en las tinas del proceso de anodizado. Es significativa que de  $19 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  de agua que se disponían para el cambio de agua en las tinas del proceso de anodizado con la eficiencia de los sistemas de OI grande y pequeña anterior del 30%, se pasa a disponer de  $141 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  para este efecto, incrementándose de manera significativa y favoreciendo la disponibilidad, calidad y eficiencia en los procesos subsecuentes. En los sistemas cerrados de refrigeración para los intercambiados de calor de las prensas N.º 1 y 2, se mantiene la demanda de agua que es del orden de  $318 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ , al igual que en los intercambiadores de calor de las soluciones de anodizado que es de  $4360 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  y en el equipo rectificador de voltaje con  $31 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ . El consumo de agua potable se reduce a  $26 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ , de la cual  $5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se destinan para las tinas de cocción y enjuague en matricería y el agua residual de estas tinas se sigue usando para la dosificación de soda caustica en la planta de tratamiento de aguas,  $5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se usan en los tanques de polímero y los  $16 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  se usan para la alimentación y saneamiento. Es importante mencionar que el tiempo de parada de la bomba de la cisterna N.º 3 sigue siendo de 9,1 minutos cada hora y se restablece luego de haber transcurrido ese tiempo, ya que esta depende de la capacidad de producción y capacidad de almacenamiento de las cisternas que sigue siendo de  $112 \text{ m}^3$ .

**Figura 84:** Variación de rechazos por picados negros.



**Fuente:** Fuente: Planta CEDAL S.A. Latacunga.

Los rechazos por puntos negros presentados en el área de anodizado, que están ligeramente relacionados al uso de agua potable para la dosificación de soda caustica, se ve reducida a partir de las correcciones realizadas como se muestra en la figura 84, desde luego al ser los problemas de anodizado multicausales, no se puede establecer una relación directa entre el agua potable adicionada con soda caustica y los problemas de puntos negros, pero se deduce que este coadyuvó en gran medida al incremento de problemas presentes en esta área, sin dejar a un lado los efectos producidos por el método de trabajo empleado que es otro factor incidente para este tipo de rechazos.

#### **10.4. Comprobación de la hipótesis.**

De la hipótesis planteada inicialmente la cual es:

Si se aplica un sistema de acción de mejoras en los procesos productivos de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga, se logrará la reducción de pérdidas, y ahorros para el uso eficiente del agua.

Se establecen los argumentos necesarios para darle validez o rechazarla, por consiguiente, a partir del sistema de acción de mejoras para el ahorro y uso eficiente implementadas, se verifica que se redujo las pérdidas por fugas en el filtro de arena en el orden de  $75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$  lo que representan \$ 2,014,60 anuales, se deja de usar agua potable en el tanque de dosificación de soda caustica y con ello se ahorra \$ 909,8 anuales , y se incrementa la eficiencia en los sistemas de OI grande y pequeña los cuales representan ahorros de \$ 15.267,93 al año, la suma todos estos beneficios netos cuantificables son de \$18.192,33 anuales, que junto a los beneficios no cuantificables como la semaforización de las cisternas de almacenamiento de agua y la elaboración de instructivo de uso del medidor ultrasónico permiten el control posterior del uso de agua en toda la planta.

En consecuencia, se acepta la hipótesis como verdadera.

## **11. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO.**

### **11.1. Impactos Económicos.**

El proyecto de investigación contribuye a la obtención de beneficios económicos por el manejo adecuado del uso del agua, a través de la aplicación de acciones de mejora para el ahorro y uso eficiente en la empresa CEDAL S.A. planta Latacunga, la cual ha permitido la reducción de \$ 18.192,33 anuales que representan las pérdidas existentes por fugas, conexiones inadecuadas y sistemas de tratamiento de agua ineficientes, reduciendo así sus costos de producción y permitiendo incrementar sus actividades productivas sin incrementar el costo asociado a ellas.

### **11.2. Impactos Técnicos.**

Con la realización de este proyecto se logra, obtener mayor cantidad de agua de mejor calidad para los procesos productivos de la empresa, mejorar la infraestructura hidráulica, e implantar nuevos métodos para afrontar problemas industriales para el incremento de la productividad, de forma tal que se consuman solo los recursos necesarios a través del uso de tecnologías más eficientes que permitan mayor control del sistema y toma de decisiones oportunas.

### **11.3. Impactos Ambientales.**

La implementación del proyecto permite un mayor aprovechamiento del agua en sus fases de extracción, tratamiento y distribución, evitando la degradación ambiental y la sobreexplotación de los recursos hídricos de la empresa, con acciones que fomentan el ahorro y uso eficiente del agua a corto, mediano y largo plazo.

### **11.4. Impactos Sociales.**

A través de la implantación de un consumo racional del agua se brinda a la empresa la capacidad de solventar demandas potenciales en épocas de crisis, debido al incremento en la contaminación del agua y reducción del nivel freático de los acuíferos existentes, esto a la vez permite la expansión de las actividades industriales de manera sostenible y sustentable, con una promoción de buenas prácticas de responsabilidad social, que conlleven a la reducción de la pobreza, a través de la creación de nuevos empleos, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y aportar al desarrollo económico de la región y del país.

## 12. VALORACIÓN ECONÓMICA:

### 12.1. Presupuesto para la ejecución del proyecto.

**Tabla 31:** Presupuesto estimado para la elaboración del proyecto.

RECURSOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	V. UNITARIO (\$).	V. TOTAL (\$).
<b>Técnicos</b>	Medidor de caudal ultrasónico TDS 100-H.	1	Ud.	\$ 500	\$ 500
<b>Humanos</b>	Asistente de mantenimiento	4	h-h	\$ 10	\$ 40
	Mecánico	12,5	h-h	\$ 3,42	\$ 43
	Ayudante de anodizado	4	h-h	\$ 3,24	\$ 13
<b>Materiales</b>	Membrana semipermeable BW30-400 (OI grande)	6	Uds.	\$ 1.450	\$ 8.700
	Membrana semipermeable TW304040 (OI pequeña)	12	Uds.	\$ 575	\$ 6.904
	Tuberías y accesorios PVC	-	-	\$ 30	\$ 30
				Sub Total	\$ 16.230
				Iva 12%	\$ 1.948
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 18.178</b>

**Fuente:** El autor.

### 12.2. Periodo de recuperación de la inversión.

Para la estimación del tiempo de recuperación de la inversión realizada para llevar a efecto este proyecto, se toma en consideración la inversión de \$18.178, en la que se consideran los recursos técnicos, humanos y materiales que se utilizaron, y el ahorro mensual que se obtiene producto de la implementación de las acciones de mejora de ahorro y uso eficiente es de \$1.785, con lo cual a partir de la ecuación 3, se determina el PRI como sigue:

**Ecuación 3:** Periodo de recuperación de la inversión proyectado.

$$\text{Periodo de recuperación de la inversión (PRI)} = \frac{\text{Inversión (\$)}}{\text{Ahorro mensual } \left( \frac{\$}{\text{mes}} \right)}$$

$$\text{Periodo de recuperación de la inversión (PRI)} = \frac{\$ 18.178}{\frac{\$1.785}{\text{mes}}}$$

**Periodo de recuperación de la inversión (PRI) = 10,1 meses**

Es decir que el tiempo en el que se recupera la inversión es de 10 meses productivos.

### 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

#### 13.1. Conclusiones:

- Con la puesta en marcha del sistema de acción de mejoras para el ahorro y uso eficiente, se reducen las pérdidas y se logra el uso eficiente del agua, lo que representan reducciones de gastos mensuales en el orden de \$1.516,03.
- Se efectuó la representación gráfica del sistema de tuberías que no disponía la empresa, a través del diagrama de bloques por etapas y el diagrama de flujo de procesos, que permitió hallar en primera instancia defectos en la infraestructura hidráulica para darle soluciones oportunas.
- Se realizó el balance de uso de agua de todo el proceso productivo, a través del levantamiento de información in situ y de registros diarios recopilados gracias al uso del medidor ultrasónico TDS-100H y del método de aforamiento volumétrico, para establecer demandas potenciales, pérdidas y procesos subutilizados.
- Se prueba la validez de la hipótesis y se aceptada como válida, a través de los resultados obtenidos con el ahorro y uso eficiente del agua, manifestándose en ganancias económicas para la empresa, aprovechamiento del recurso agua y la aplicación de técnicas y métodos para la optimización del uso del agua.
- Los sistemas de ablandamiento de agua dura, funcionan con una eficiencia del 90%, sin embargo, la capacidad de almacenamiento de esta agua es inferior a la de producción, la cual está en el orden de los  $800 \frac{m^3}{día}$ , es por ello que se corta el suministro de agua por 9 minutos cada hora, hasta que el nivel de las cisternas de almacenamiento disminuya y los sensores de nivel enciendan nuevamente la bomba de la cisterna N.º 3 y sucesivamente la del pozo subterráneo N.º 1.
- Las áreas de mayor consumo de agua son, fundición con  $302 \frac{m^3}{día}$  de agua ablandada y anodizado con  $75 \frac{m^3}{día}$  de agua ablandada y  $27 \frac{m^3}{día}$  de agua osmotizada, lo que representa costos mensuales de \$ 2.095,00 y \$ 1.309,00 respectivamente.

### 13.2. Recomendaciones:

- ✚ Instalar medidores de caudal en los equipos de ablandamiento, OI grande y pequeña, y en los puntos estratégicos de consumo, que permitan llevar registros diarios de ingresos, salidas y rechazos para tener un mejor control del sistema de extracción, tratamiento y distribución de agua.
- ✚ Realizar estudios para la implementación de un sistema de recuperación de agua residuales del proceso de conformación de lingotes en el área de fundición.
- ✚ Efectuar análisis diarios de la calidad del agua usada en cada una de las áreas productivos, que garantice las condiciones requeridas para el proceso.
- ✚ Realizar los balances de masa de cada proceso, que permitan un control más riguroso a través de la cuantificación de todos los ingresos, salidas, mermas, en la que se incluya la diagramación dimensionada y detallada de todas las variables presentes en el sistema.
- ✚ No recircular el rechazo que producen los equipos OI, ya que saturan las membranas y reducen su vida útil.
- ✚ Efectuar mantenimientos preventivos en los sistemas de OI y ablandadores para evitar paros de producción de agua no deseados que reducen la disponibilidad y la calidad de agua.



#### 14. BIBLIOGRAFÍA:

- ACHS. (s, f). *Descripción de calderas y generadores de vapor*. Obtenido de <http://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/descripcion-de-caldera-y-generadores-de-vapor.pdf>
- ACS Medio Ambiente. (s,f). *Equipos y Sistemas Para el Tratamiento de Agua*. Obtenido de <http://www.acsmedioambiente.com/filtros prensa.html>
- Agua purificación. (3 de octubre de 2016). *Filtro pulidor*. Obtenido de <http://aguapurificacion.com.mx/filtro-pulidor/>
- Agua Sistec. (2018). *Ablandadores de Agua*. Obtenido de <http://www.aguasistec.com/ablandador-de-agua.php>
- ALSAN. (2017). *Alutronic Recuperación de Ácido Sulfúrico*. Recuperado el 5 de febrero de 2018, de Eliminación continua del aluminio disuelto en los baños de anodizado: <http://www.alsan.es/maquinaria-especializada/recuperacion-acido-alutronic/>
- Amoletto, E. (2000). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=ldnOKZ0bF2cC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Aquadepure. (2018). Obtenido de <https://aquadepure.es/comprar/osmosis-inversa-domestica/>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (Miércoles 6 de agosto de 2014). Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. *Registro oficial N° 305*. Quito. Obtenido de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- Asociación Mundial para el Agua (GWP). (21 de 12 de 2011). *¿Qué es la GIRH?* Obtenido de <http://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/por-que/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/>
- Borges, J., & Yanes, M. (2017). *Propuestas de mejora para incrementar las entrega de energía eléctrica en el Central Elpidio Gómez*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/316688233\\_Propuestas\\_de\\_mejoras\\_para\\_incrementar\\_la\\_entrega\\_de\\_energia\\_electrica\\_en\\_el\\_central\\_Elpidio\\_Gomez](https://www.researchgate.net/publication/316688233_Propuestas_de_mejoras_para_incrementar_la_entrega_de_energia_electrica_en_el_central_Elpidio_Gomez)
- Bvsde. (s,f). *Sistemas de distribución*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/inspecciones/lec7.pdf>
- Castro Yanez, M. (Diciembre de 2013). Auditoría ambiental de cumplimiento de la planta industrial de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. Latacunga.
- Castro, M. (Diciembre de 2013). *Auditoria ambiental de cumplimiento de la planta Industrial de la Coporación Ecuatoriana de Aluminio S.A.* Latacunga.
- CEDAL Aluminio. (2017). *Pagina oficial*. Obtenido de <http://www.cedal.com.ec/nosotros/quienes-somos.html>

- Cengel, Y. (2012). *Mecánica de fluidos Fundamentos y aplicaciones*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial. (2010). *Manual de producción más limpia*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/359571499/manual-produccion-mas-limpia-pdf>
- CEPAL. (2012). *Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador*. Obtenido de <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>
- COINTRA. (2018). *¿Qué es un serpentín?* Obtenido de <https://www.cointra.es/que-es-un-serpentin/>
- Concha, L. (s.f). *La química del agua*. Obtenido de [http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/la\\_quimica\\_del\\_agua.pdf](http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/la_quimica_del_agua.pdf)
- Cot, L. (15 de agosto de 2013). *Ahorro de agua en el proceso productivo*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/lourdes-cot/ahorro-de-agua-en-el-proceso-productivo>
- Departamento de Máquinas y Motores Térmicos. (5 de julio de 2015). *Torre de refrigeración*. Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/Torre.htm>
- EMASESA. (21 de octubre de 2013). *Instrucciones técnicas para redes de abastecimiento*. Obtenido de <http://www.emasesa.com/wp-content/uploads/2013/11/Instrucciones-tecnicas-y-planos-para-redes-de-abastecimiento.pdf>
- Fernandez, A. (diciembre de 2012). El agua: un recurso esencial. *Redalyc.org*, 147-170. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Fernandez, A. (2012). *Química viva*. Obtenido de Agua: un recurso esencial: <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v11n3/fernandez.html>
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental. (2017). *Agua en el planeta*. Obtenido de Agua.org.mx: <https://agua.org.mx/en-el-planeta/#cuanta-agua-hay-en-el-planeta>
- frankespulpo. (16 de mayo de 2011). *Propiedades físico químicas del agua*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/frankespulpo/propiedades-fsico-qumicas-del-agua>
- frankespulpo. (16 de mayo de 2011). *Propiedades físico químicas del agua*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/frankespulpo/propiedades-fsico-qumicas-del-agua>
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Pearson.
- Garrido et al. (2006). *Fundamentos de bioquímica estructural*. Madrid: TÉBAR, S.L. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=avt8LFmp8q4C&pg=PA27&dq=propiedades+del+agua&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjyOa47HcAhXHtVkKHQVxCgUQ6AEIJTAA#v=onepage&q=propiedades%20del%20agua&f=false>


- GEDAR. (10 de marzo de 2018). *Decantadores*. Obtenido de <https://www.gedar.com/residuales/decantadores.htm>
- Glynn, H., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México : Pearson Educación. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=ToQmAKnPPzIC&pg=PA408&dq=extraccion+tratamiento+y+distribucion+de+aguas+subterraneas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjg37XH7jcAhWDnFkKHfyrCfwQ6AEIOzAF#v=onepage&q&f=true>
- Grobicki, A. (2008). *THE FUTURE OF WATER USE IN INDUSTRY*. Obtenido de [https://www.sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/GROBICKI%20ny%20The%20Future%20of%20Water%20Use%20in%20Industry.pdf](https://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GROBICKI%20ny%20The%20Future%20of%20Water%20Use%20in%20Industry.pdf)
- Guillén , E. (2014). *Diseño y fabricación de un intercambiador de calor de tubos concéntricos para los laboratorios de termofluidos de la Universidad Santo Tomás*. Obtenido de <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2863/Guillenedinson2015.pdf?se>
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México: Mc Graw Hill.
- Hernández, A. (2007). *Universidad de la Salle*. Obtenido de Ahorro y uso eficiente del recurso agua en una empresa del sector de acetites y grasas vegetales: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/14043>
- Hondupalma y SNV. (2011). *Uso eficiente del agua*. Obtenido de <http://www.snvla.org/mm/file/Guia%20uso%20de%20agua-web.pdf>
- INEN 2250. (2015). *NTE INEN 2250*. Obtenido de ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS.
- Jaramillo, O. (20 de noviembre de 2007). *Intercambiadores de calor*. Obtenido de <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/Intercambiadores.pdf>
- La Verdad Digital S.L. (2018). *Desalinización del agua marina*. Obtenido de [http://servicios.laverdad.es/murcia\\_agua/cap15.htm](http://servicios.laverdad.es/murcia_agua/cap15.htm)
- Lago, C. (12 de mayo de 2017). *Organización y desarrollo del montaje de tuberías*. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=7IDXDgAAQBAJ&dq=diagrama+básico+de+tubería.&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.ec/books?id=7IDXDgAAQBAJ&dq=diagrama+básico+de+tubería.&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Marley. (s,f). *Torre de enfriamiento*. Obtenido de Manual de usuario: [http://spxcooling.com/pdf/sp\\_M92-1312D.pdf](http://spxcooling.com/pdf/sp_M92-1312D.pdf).
- Ministerio de Agricultura y Riego. (octubre de 2014). *Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego*. Obtenido de Manual N#5 Medición de agua: [https://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.minagri.go.b.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf&ved=2ahUKEwiY37vUn\\_PYAhXiQd8KHcq3C7oQFjACegQIEhAB&usg=AOvVaw09e2NY2NkFsuHbPbadyadiH](https://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.minagri.go.b.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf&ved=2ahUKEwiY37vUn_PYAhXiQd8KHcq3C7oQFjACegQIEhAB&usg=AOvVaw09e2NY2NkFsuHbPbadyadiH)

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). Recuperado el 18 de febrero de 2018, de <https://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/filtrado.aspx>
- Ministerio del Medio Ambiente República de Colombia. (diciembre de 2002). *Centro Nacional de Producción más Limpia*. Obtenido de Guía de ahorro y uso eficiente del agua: [http://crc.gov.co/files/GestionAmbiental/RHidrico/Guia\\_MAVDT.pdf](http://crc.gov.co/files/GestionAmbiental/RHidrico/Guia_MAVDT.pdf)
- Naciones Unidas. (2017). *Agua*. Obtenido de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- ONU. (septiembre de 2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de Producción y consumo responsables: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- ONU. (2016). *Agua y Empleo*. Francia. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>
- Orellana, J. (2005). *Ingeniería sanitaria*. Obtenido de Tratamiento de las aguas: [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)
- Procesos Bio. (2018). *Tipos de diagramas*. Obtenido de <https://procesosbio.wikispaces.com/Tipos+de+diagramas>.
- Procesos Bio. (2018). *Tipos de diagramas*. Obtenido de Diagramación de procesos: <https://procesosbio.wikispaces.com/Tipos+de+diagramas>
- Quiminet. (14 de diciembre de 2006). *¿Qué es un Chiller?* Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-chiller-17260.htm>
- Rich, L. (1961). *Unit Operations of Sanitary Engineering*. (H. Glynn, & G. Heinke, Trads.) Nueva York: Wiley.
- SENAGUA. (2017). *Boletín de la estadística sectorial del agua 2017*. Obtenido de [https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA\\_08feb.compressed-2.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA_08feb.compressed-2.pdf)
- Tecnometrica. (2016). *Medidor de Flujo Ultrasonico Modelo TDS-100H*. Obtenido de <https://www.tecnometrica.com.mx/Medidor-de-flujo-ultrasonico-TDS-100H.html>
- Tsoluciona. (3 de noviembre de 2017). *Intercambiador de calor: ¿qué es y para qué sirve?* Obtenido de <https://t-solucion.com/noticias/intercambiadores-calor-que-son-sirven/>
- UNAM Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1. (2015). *DIAGRAMAS DE PROCESOS INDUSTRIALES*. Obtenido de <https://ingenieria-quimica9.webnode.es/products/diagramas-de-procesos-industriales/>
- Universidad Politécnica de Cartagena. (s,f). *Análisis de aguas*. Obtenido de [https://www.upct.es/~minaees/analisis\\_aguas.pdf](https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf)

- Universidad Tecnológica Nacional. (2005). Conducción de las aguas. En J. Orellana. Argentina. Obtenido de [https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_07\\_Conduccion\\_de\\_las\\_Aguas.pdf](https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_07_Conduccion_de_las_Aguas.pdf)
- Universidad Tecnológica Nacional. (2005). Tratamiento de las aguas. En J. Orellana, *Ingeniería Sanitaria* (pág. 123). Argentina. Obtenido de [https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)
- Universidad Tecnológica Nacional. (2010). *Fluidos*. Obtenido de [http://www.edutecne.utn.edu.ar/guias\\_de\\_estudio/fluidos-02.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/guias_de_estudio/fluidos-02.pdf)
- Vilar Barrio, J. F., Gómez Fraile, F., & Tejero Monzón, M. (1997). *La siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=qnLTl0HUb4cC&dq=matriz+de+priorizacion&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.ec/books?id=qnLTl0HUb4cC&dq=matriz+de+priorizacion&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Wikispaces. (2018). *Ósmosis Inversa*. Obtenido de <http://procesosbio.wikispaces.com/Ósmosis+inversa>
- Wikiwand. (2018). *Presión osmótica*. Obtenido de [http://www.wikiwand.com/es/Presión\\_osmótica](http://www.wikiwand.com/es/Presión_osmótica)

## 15. ANEXOS

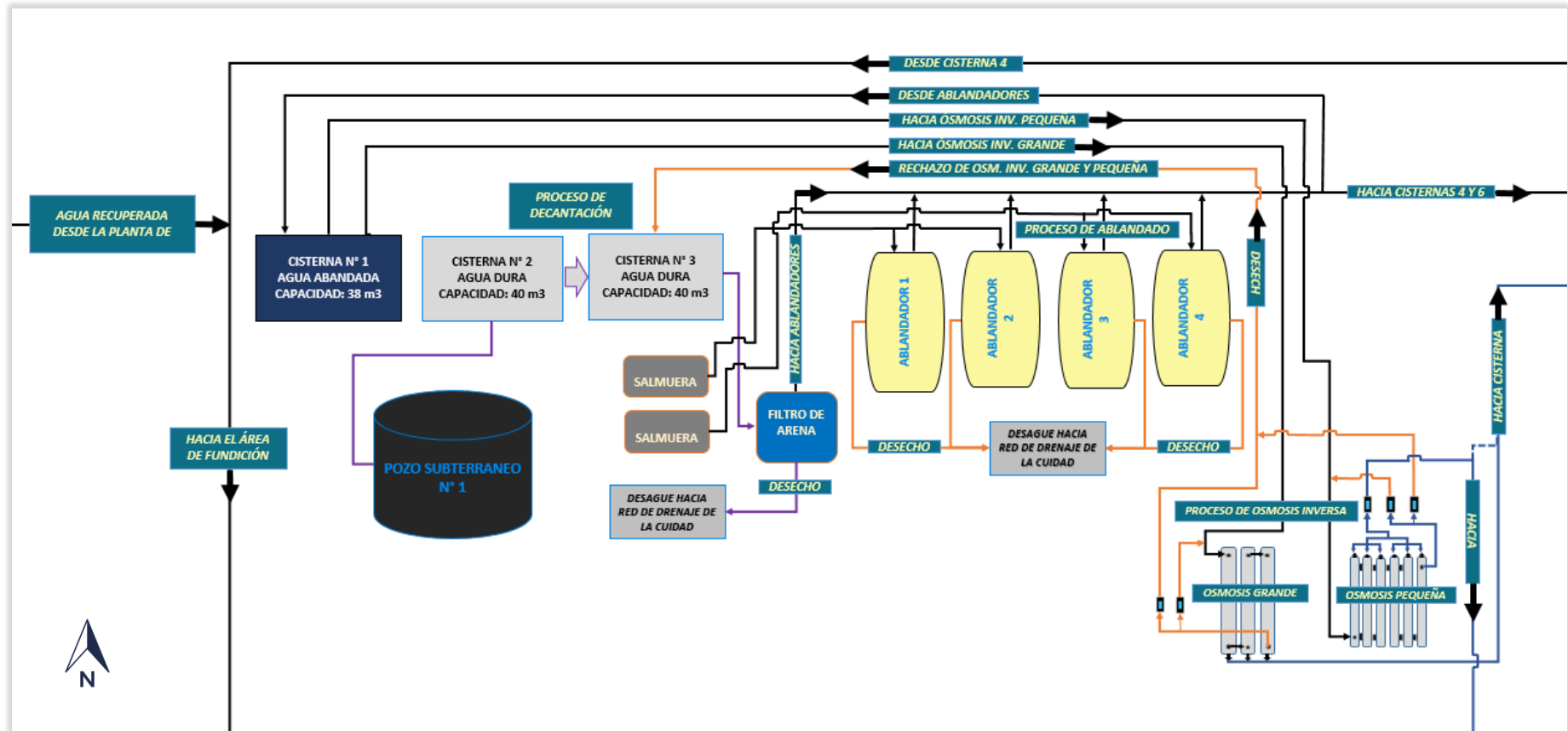
### 15.1. Anexo 1: Cuestionario de preguntas utilizado, para la realización de encuestas.

<b>Encuesta</b>			
<p>Diagnostico actual de la empresa CEDAL S.A., planta Latacunga, sobre el manejo del agua en sus procesos productivos.</p>			
<p>Buenos días, por favor dedique unos minutos de su tiempo para rellenar el siguiente cuestionario, marcando con una x la respuesta adecuada según corresponda.</p>			
<b>Preguntas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	
1. ¿Conoce el tipo de agua que se usa en su área de trabajo?			
2. ¿Existe deficiencia de agua en alguna etapa del proceso productivo?			
3. ¿Tiene conocimiento de los tratamientos que recibe el agua antes de usarse?			
4. ¿Actualmente ha presenciado fugas de agua en la planta?			
5. ¿Sabe usted si la planta dispone de un diagrama de flujo de procesos?			
6. ¿Existe alguna etapa dentro del sistema de agua que este siendo ineficiente?			
7. ¿Conoce usted la cantidad de agua que se consume en su área de trabajo?			
8. ¿Se aplican acciones de ahorro y uso eficiente de agua dentro de la empresa?			
9. ¿Le gustaría disponer del balance de uso de agua de toda la planta?			
10. ¿Cree usted que al aplicar un sistema de acción de mejoras se logrará el ahorro y uso eficiente del agua?			

**Fuente:** El autor.

15.2. Anexo 2: Diagramas de bloques por etapas del sistema de aguas de la planta.

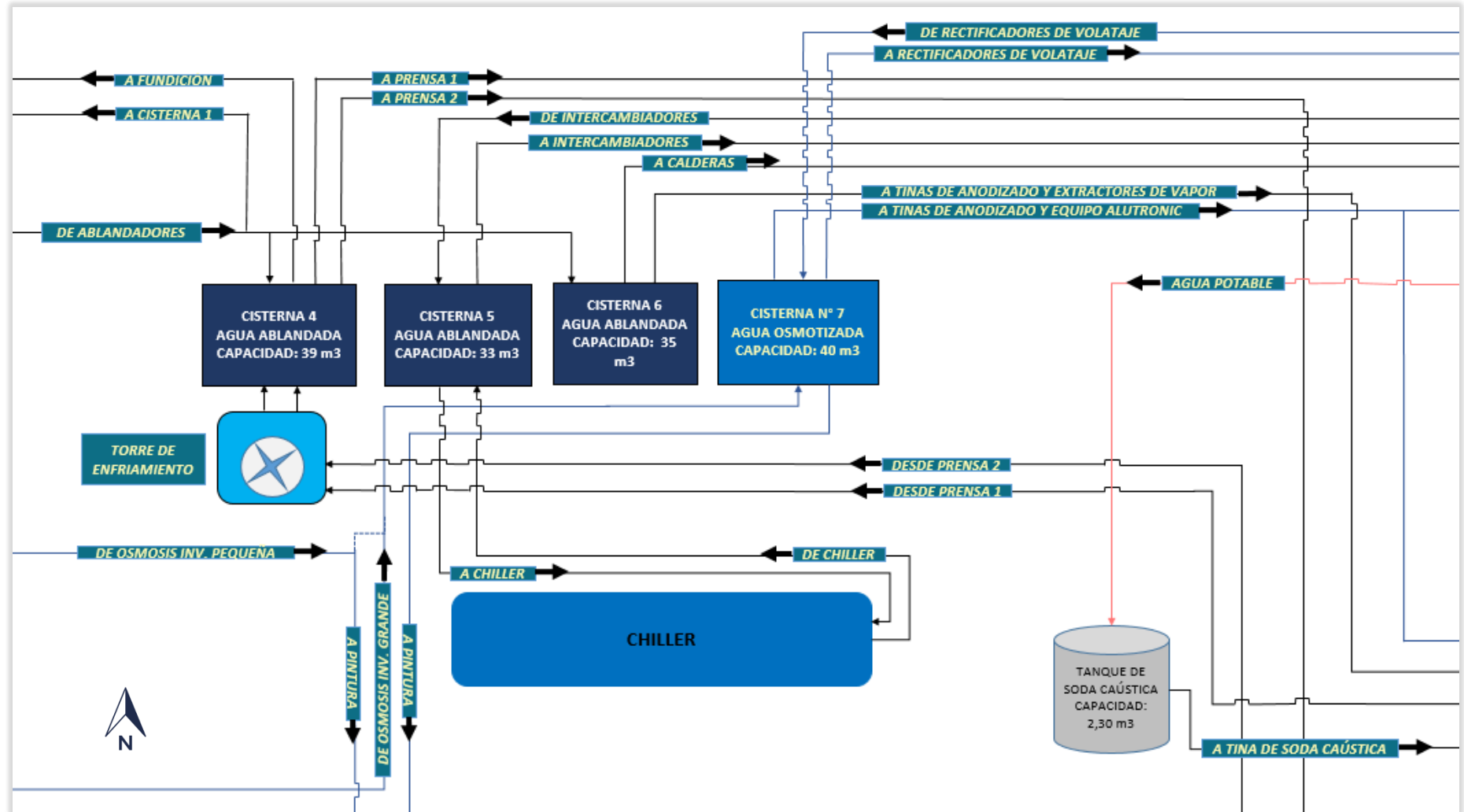
Figura 85: Diagrama de bloques en la extracción y tratamiento de aguas subterráneas.



Elaborado por: El autor.

CÓDIGO DE COLORES	
AGUAS DURAS	—
AGUAS BLANDAS	—
AGUA OSMOTIZADA	—
VAPOR SOBRECALENTADO	—
AGUA CALIENTE	—
DESECHOS	—
AGUA POTABLE	—

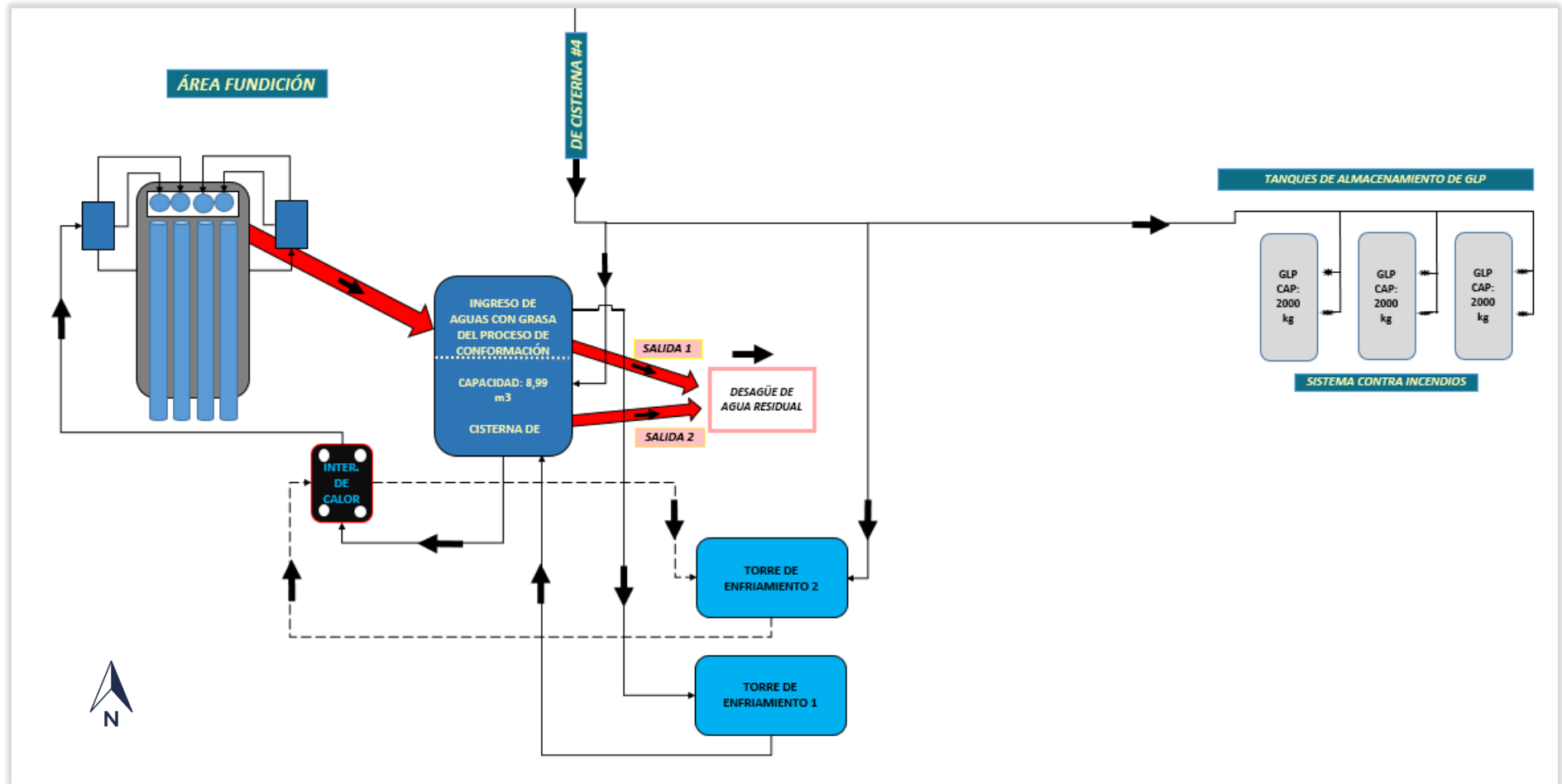
**Figura 86:** Diagrama de bloques en la fase de almacenamiento y distribución.



Elaborado por: El autor.

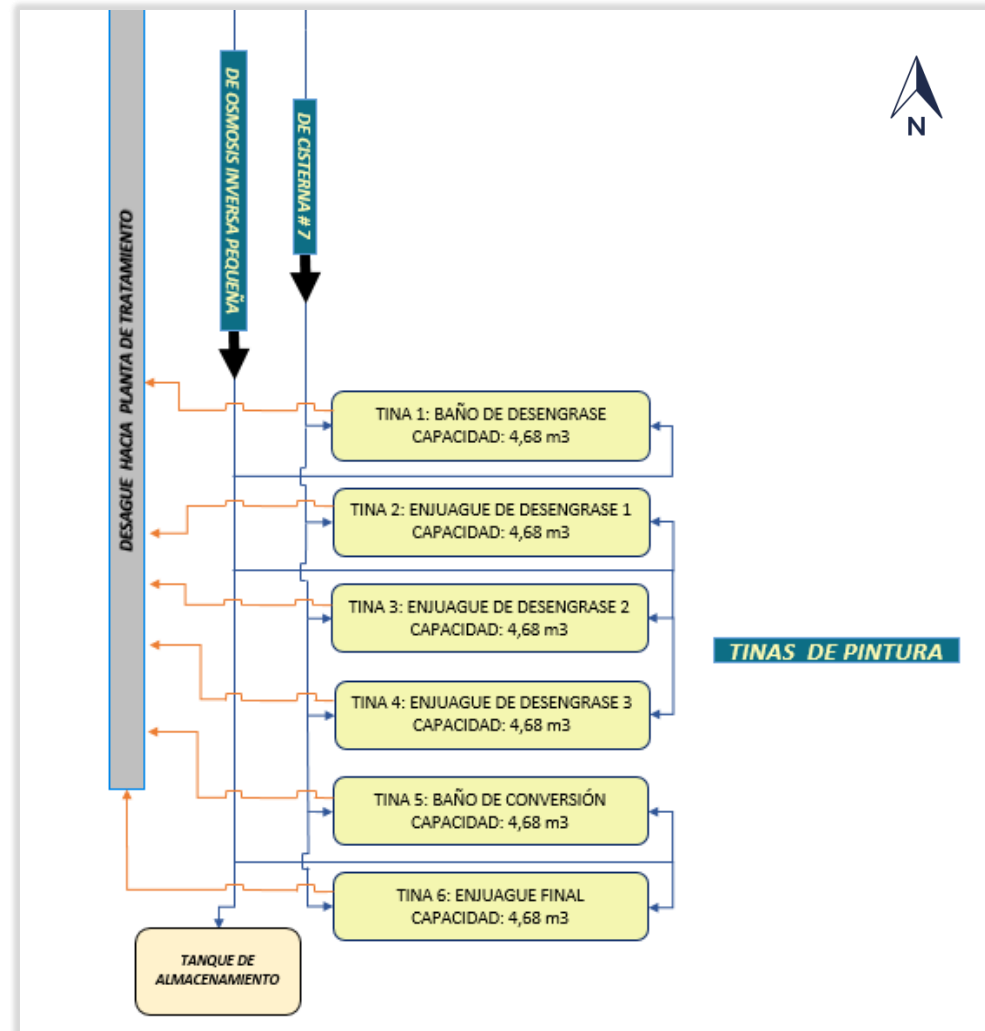


**Figura 87:** Diagrama de bloques del área de fundición y tanques de GLP.



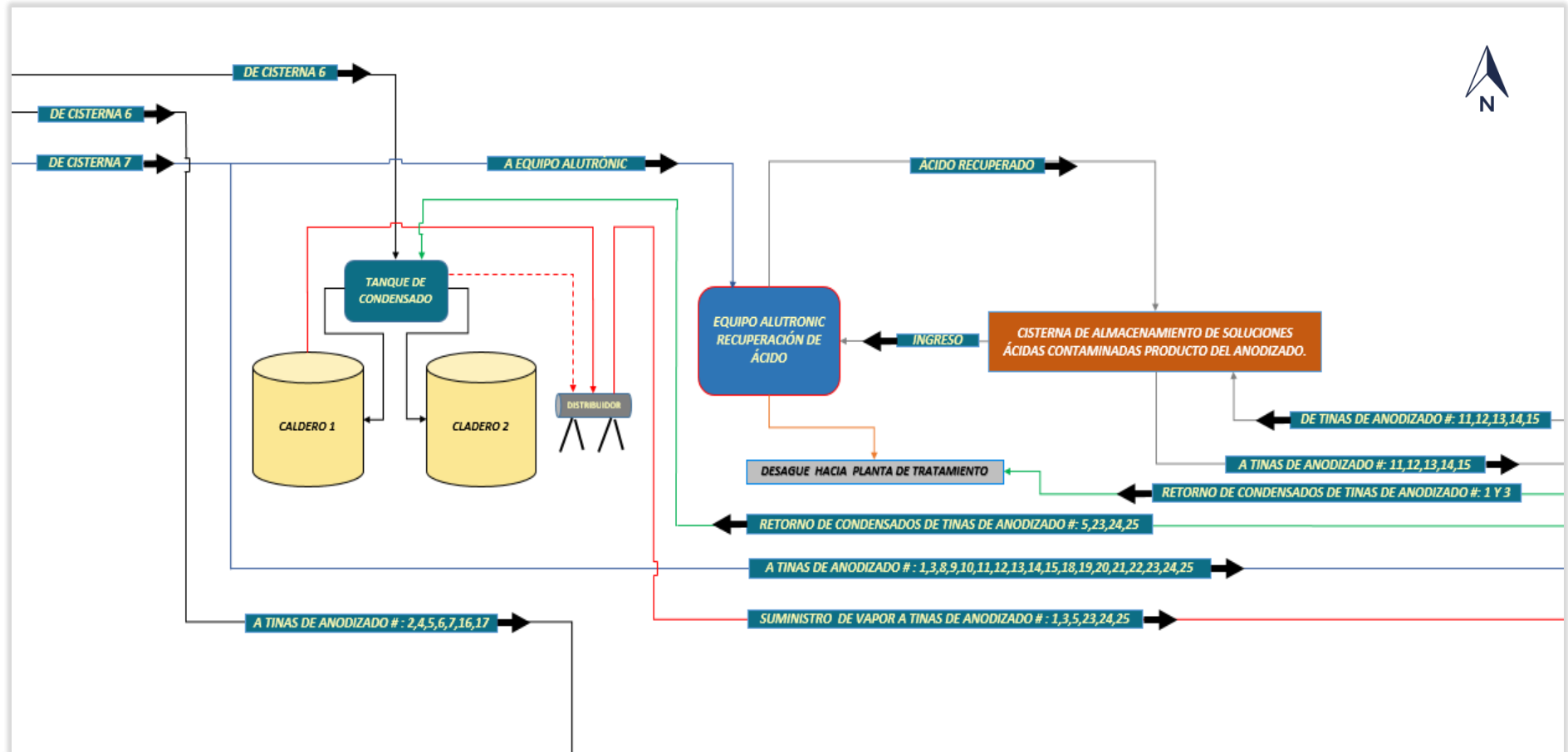
Elaborado por: El autor.

**Figura 88:** Diagrama de proceso del área de pintura.



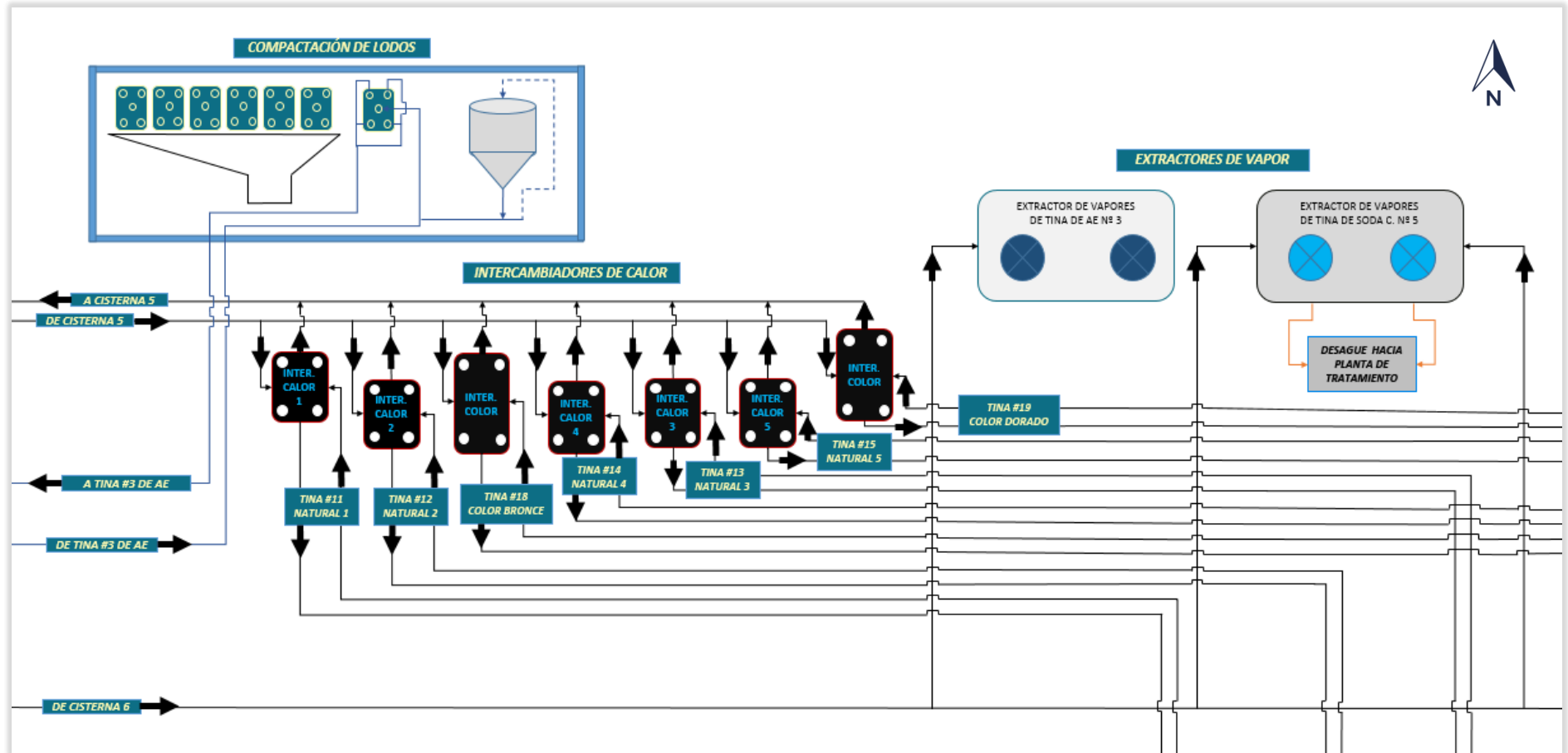
Elaborado por: El autor.

**Figura 89:** Diagrama de bloques de los calderos de vapor y equipo Alutronic.



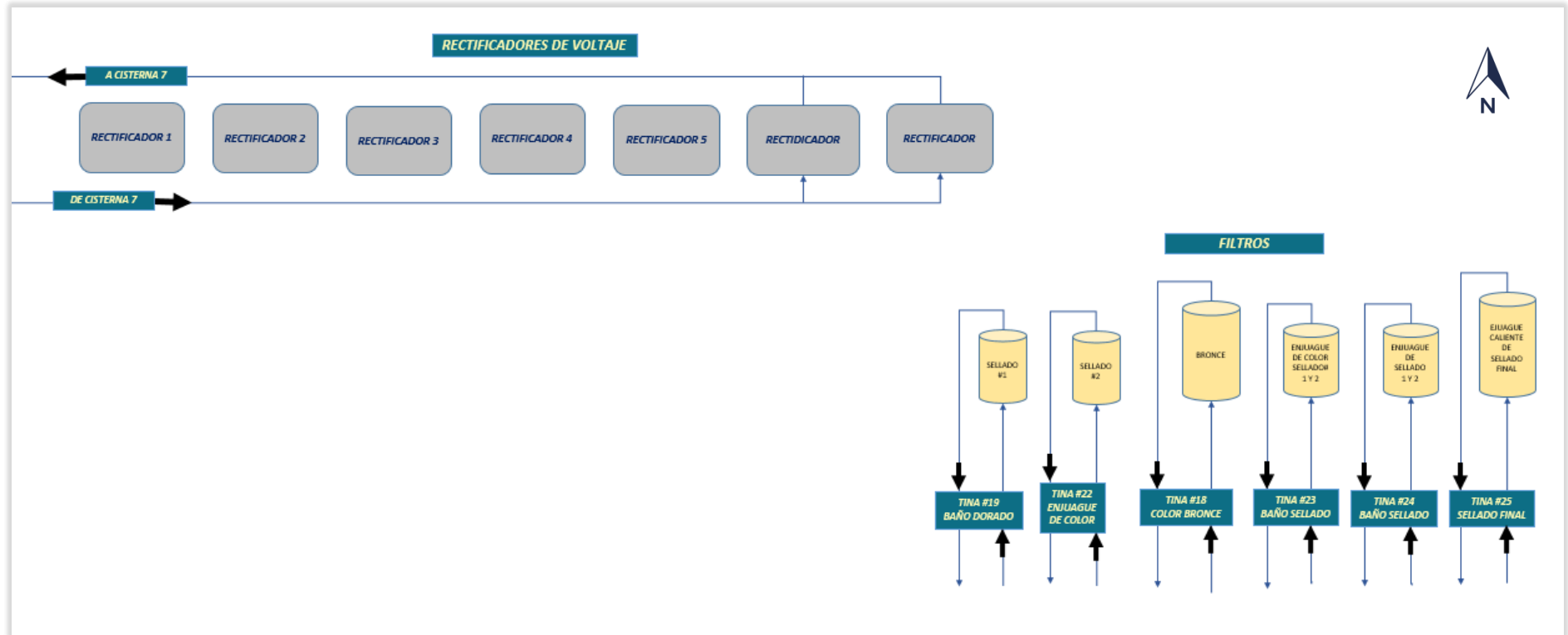
Elaborado por: El autor.

Figura 90: Diagrama de bloques, prensa norte, intercambiadores y extractores.



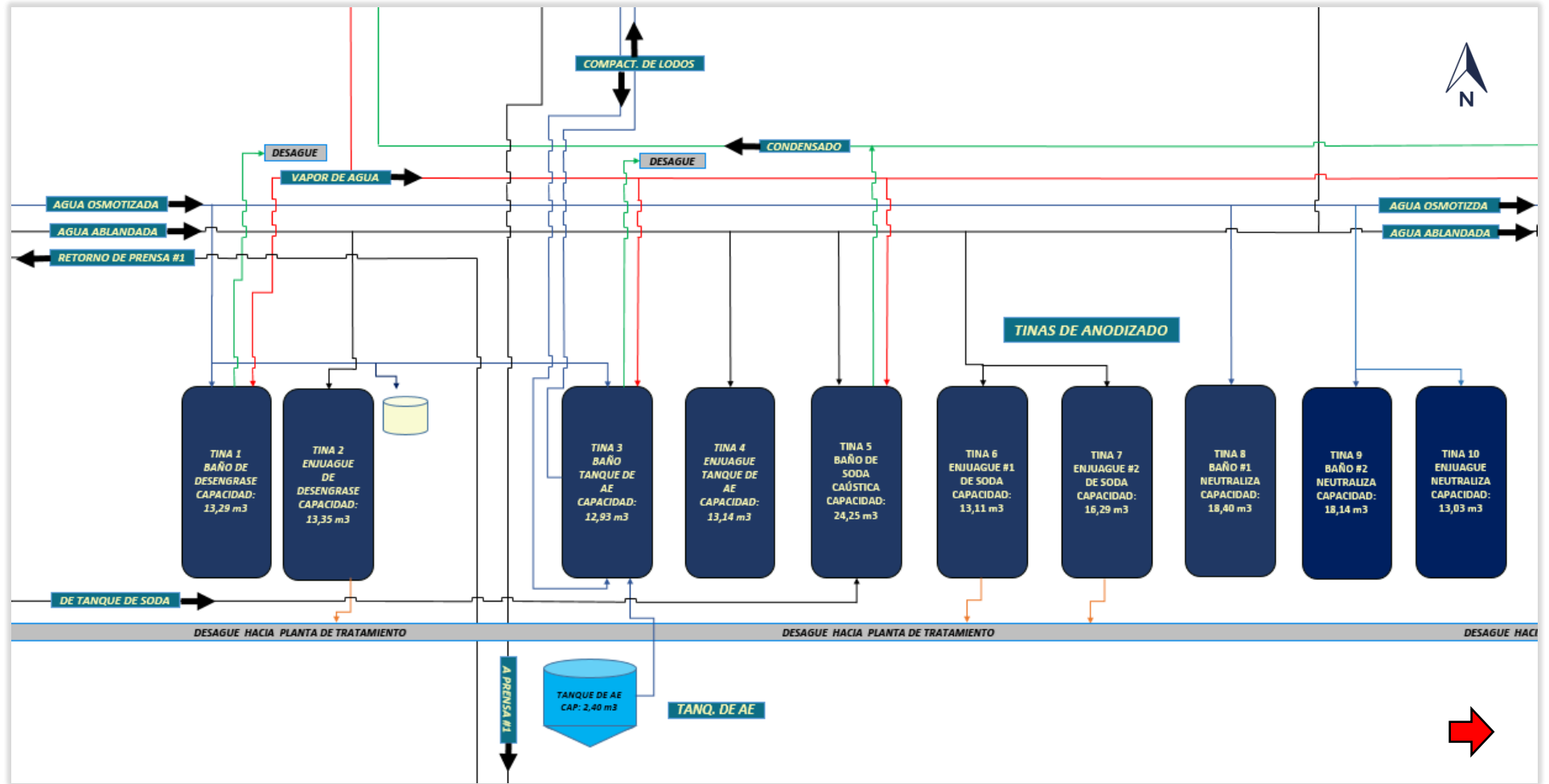
Elaborado por: El autor.

**Figura 91:** Diagrama de bloques, rectificadores de voltaje y filtros de anodizado.



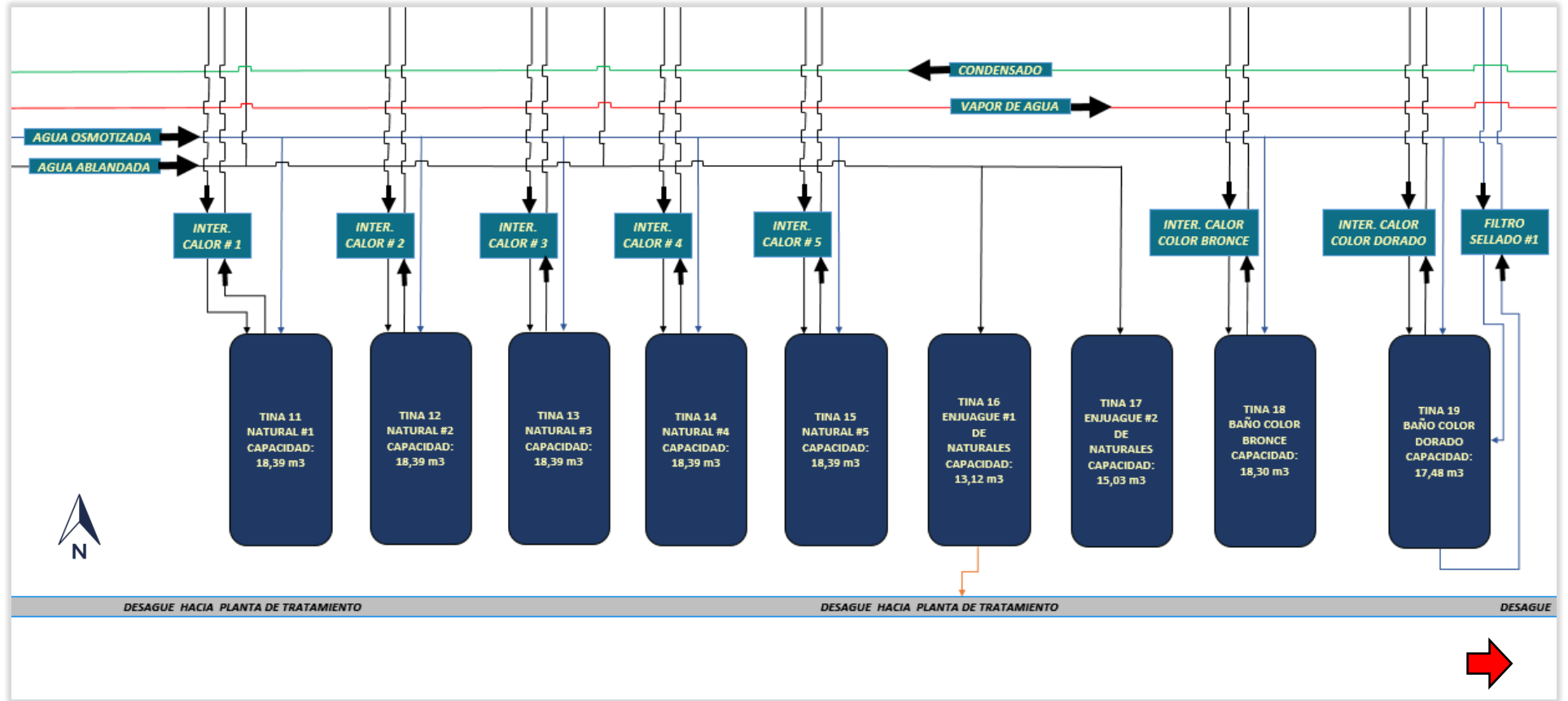
**Elaborado por:** El autor.

Figura 92: Diagrama de bloques de las tinas 1 a la 10 de anodizado.



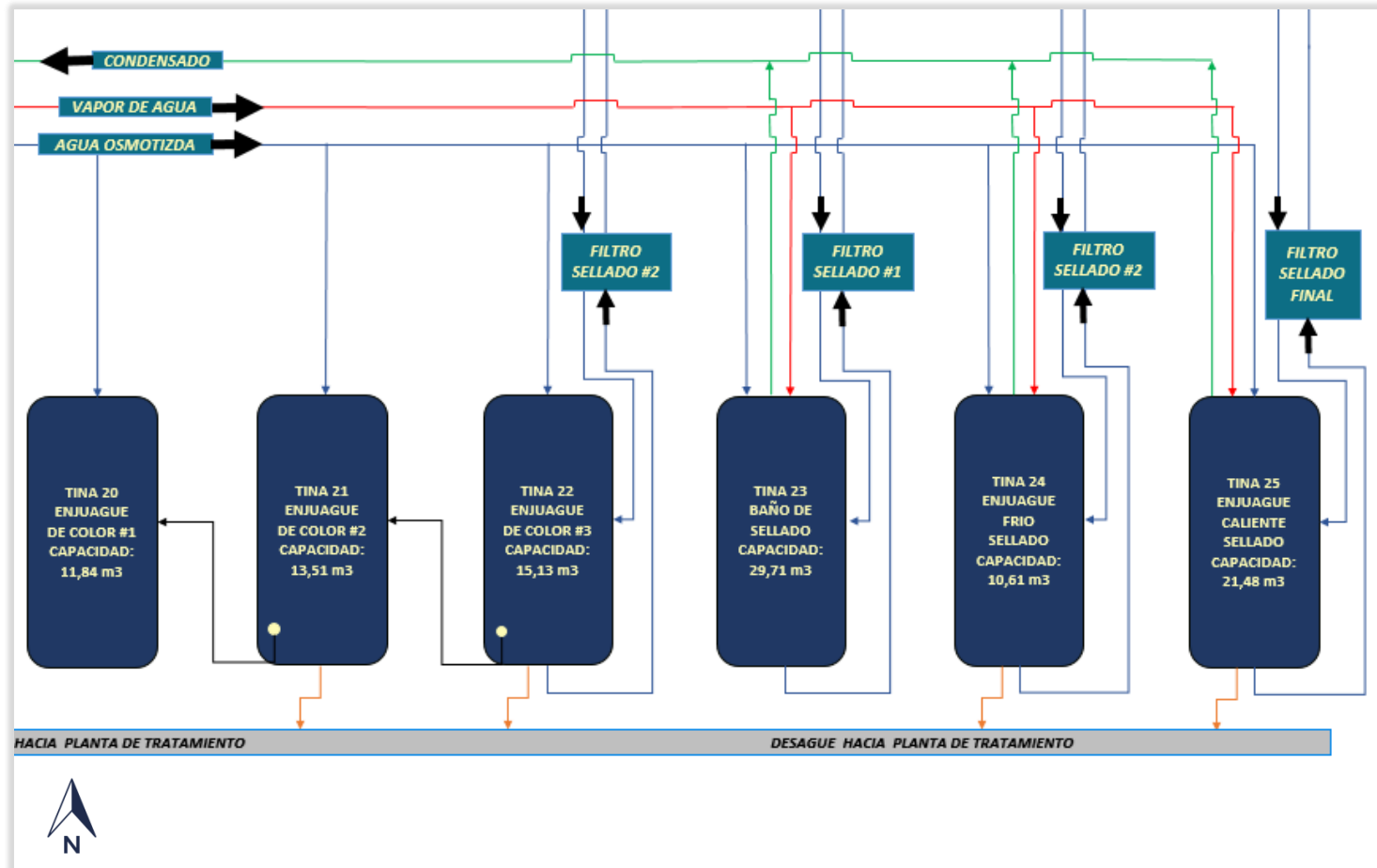
Elaborado por: El autor.

Figura 93: Diagrama de bloques de las tinas 11 a la 19 de anodizado.



Elaborado por: El autor.

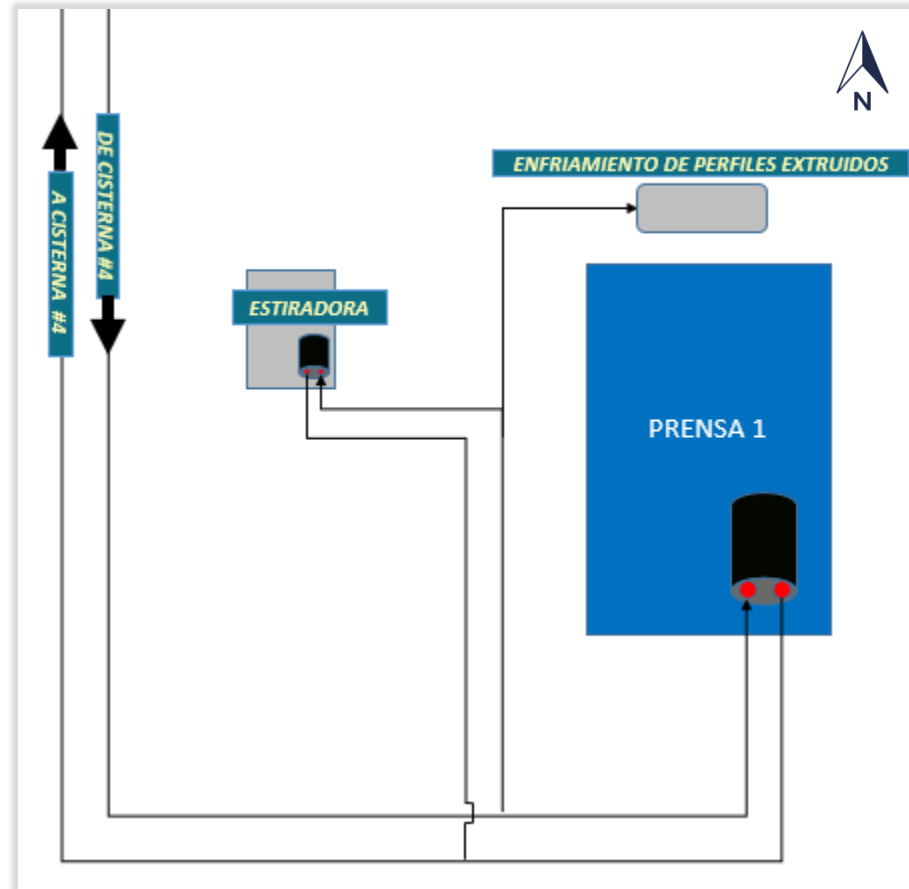
**Figura 94:** Diagrama de bloques de las tinas 20 a la 25 de anodizado.



Elaborado por: El autor.

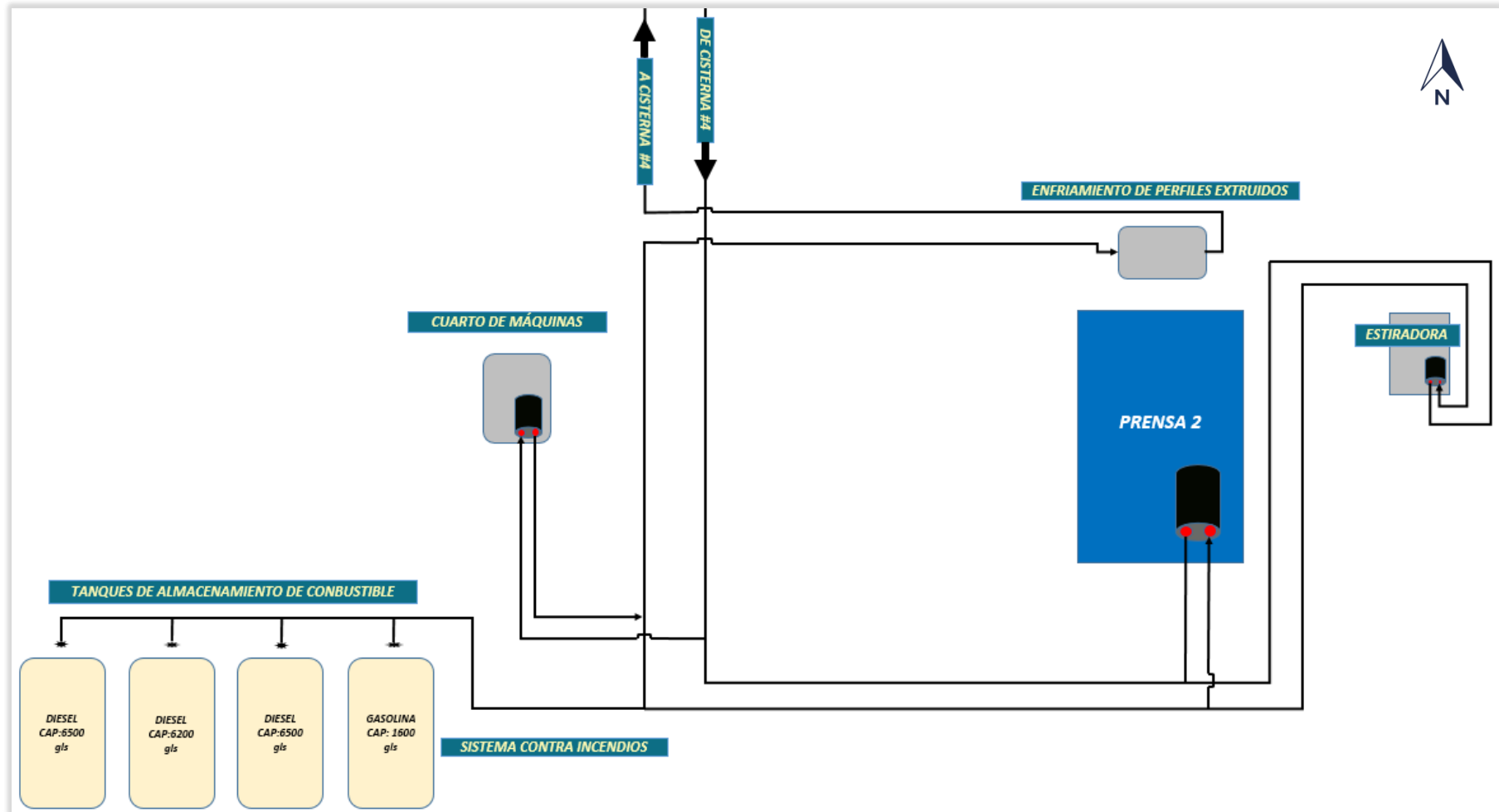


Figura 95: Diagrama de bloques de la prensa N° 1.



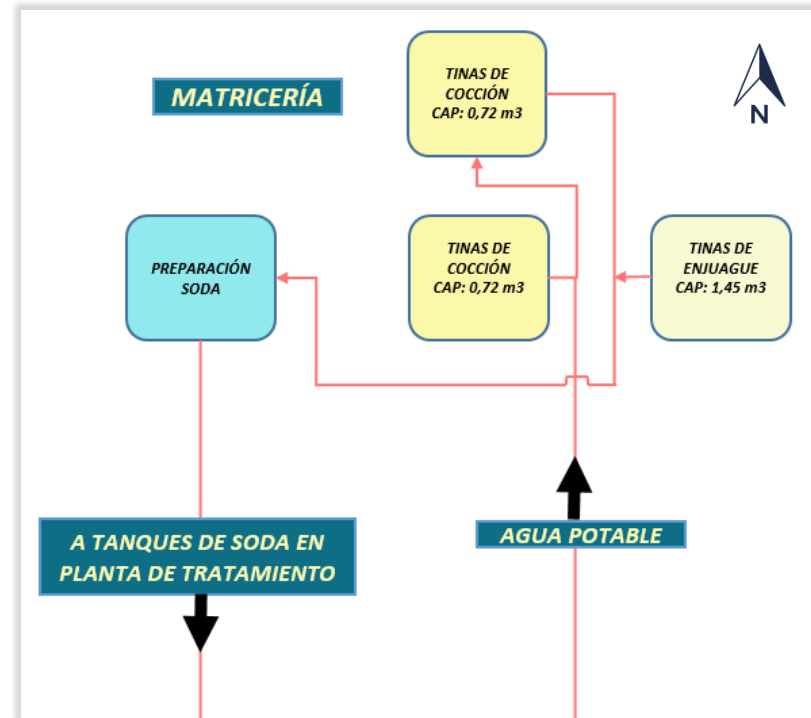
Elaborado por: El autor.

Figura 96: Diagrama de bloques, prensa N° 2 y tanque de combustible.



Elaborado por: El autor.

Figura 97: Diagrama de bloques de matricería.



Elaborado por: El autor.



**15.3. Anexo 3:** Tablas de registros diarios de caudales por cada punto de medición.

**Tabla 32:** Registros de caudales del Pozo N.º 1 con medidor ultrasónico.

DIA	HORA (am)	CAPACIDAD NOMINAL	
		POZ-CST2	POZ-CST2
		CAUDAL (m3/día)	VELOCIDAD (m/s)
1	7:30	995	2,4
2	7:30	1008	2,4
3	7:30	1013	2,5
4	7:30	993	2,4
5	7:30	996	2,5
6	7:30	1014	2,5
7	7:30	1038	2,5
8	7:30	995	2,5
9	7:30	997	2,5
10	7:30	1022	2,5
11	7:30	1025	2,5
12	7:30	993	2,4
13	7:30	1027	2,5
14	7:30	1009	2,5
15	7:30	1030	2,5
16	7:30	985	2,5
17	7:30	988	2,4
18	7:30	1013	2,4
19	7:30	984	2,4
20	7:30	1015	2,4
21	7:30	990	2,4
22	7:30	1008	2,4
23	7:30	1037	2,5
24	7:30	1008	2,5
25	7:30	994	2,4
26	7:30	966	2,3
27	7:30	991	2,4
28	7:30	982	2,4
29	7:30	1020	2,5
30	7:30	984	2,4
31	7:30	1003	2,5
32	7:30	1020	2,5
33	7:30	990	2,4
34	7:30	1008	2,5
35	7:30	1020	2,5
36	7:30	1008	2,5
37	7:30	1039	2,5

38	7:30	995	2,4
39	7:30	996	2,4
40	7:30	1037	2,5
41	7:30	1029	2,5
42	7:30	1032	2,5
43	7:30	1020	2,5
44	7:30	1002	2,4
45	7:30	990	2,4
46	7:30	1032	2,5
47	7:30	996	2,4
48	7:30	1000	2,4
49	7:30	1007	2,4
50	7:30	990	2,4
51	7:30	979	2,4
52	7:30	1000	2,4
53	7:30	1001	2,4
54	7:30	1008	2,5
55	7:30	1022	2,5
56	7:30	1004	2,4
57	7:30	1008	2,5
58	7:30	1019	2,5
59	7:30	999	2,4
60	7:30	1013	2,4
61	7:30	997	2,3
62	7:30	982	2,4
<b>MEDIA</b>		<b>1006</b>	<b>2,4</b>
<b>VARIANZA</b>		<b>276</b>	<b>0,002</b>
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>		<b>17</b>	<b>0,04</b>
<b>COEF. DE VARIACIÓN</b>		<b>2%</b>	<b>2%</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 33:** Registros de caudales del Pozo N.º 1 con contador de agua.

DÍA	HORA (am)	LECTURA	CAPACIDAD REAL		OBSERVACIONES
			MED 1 (m3/h)	MED 1 (m3/día)	
1	7:00	9816	30,1	722	Producción normal
2	7:00	10538	30,6	734	Producción normal
3	7:00	11272	29,1	698	Producción normal
4	7:00	11970	29,7	712	Producción normal
5	7:00	12682	30,9	741	Producción normal
7	7:00	13423	27,8	668	Ósmosis grande apagada
8	7:00	14091	30,2	724	Producción normal
9	7:00	14815	27,2	653	Parada de producción
10	7:00	15468	30,5	733	Producción normal
11	7:00	16201	29,7	712	Producción normal

12	7:00	16913	30,2	724	Producción normal
14	7:00	17637	26,6	638	Parada de producción
15	7:00	18275	28	672	Parada de producción
16	7:00	18947	29,6	711	Producción normal
17	7:00	19658	29,8	716	Producción normal
18	7:00	20374	29,7	712	Producción normal
19	7:00	21086	30	721	Producción normal
21	7:00	21807	30,1	722	Producción normal
22	7:00	22529	30,6	735	Producción normal
23	7:00	23264	30,3	727	Producción normal
24	7:00	23991	29,1	699	Producción normal
25	7:00	24690	29,4	706	Producción normal
26	7:00	25396	29,8	714	Producción normal
28	7:00	26110	30	721	Producción normal
29	7:00	26831	30,7	737	Producción normal
30	7:00	27568	29	697	Producción normal
31	7:00	28265	29,5	708	Producción normal
32	7:00	28973	30,1	723	Producción normal
33	7:00	29696	29,4	706	Producción normal
35	7:00	30402	27,7	664	Parada de producción
36	7:00	31066	26,3	632	Parada de producción
37	7:00	31698	30	721	Producción normal
38	7:00	32419	30,2	724	Producción normal
39	7:00	33143	30,8	738	Producción normal
40	7:00	33881	30,4	729	Producción normal
42	7:00	34610	30,3	728	Producción normal
43	7:00	35338	29,9	717	Producción normal
44	7:00	36055	29,7	712	Producción normal
45	7:00	36767	29,6	711	Producción normal
46	7:00	37478	30,2	725	Producción normal
47	7:00	38203	23,2	557	Ósmosis pequeña apagada
<b>MEDIA</b>			<b>30</b>	<b>719</b>	
<b>VARIANZA</b>			<b>0</b>	<b>129</b>	
<b>DESV. EST.</b>			<b>0</b>	<b>11</b>	
<b>COEF. DE VAR.</b>			<b>2%</b>	<b>2%</b>	

Elaborado por: El autor.

**Tabla 34:** Registros de caudales en filtro de arena con medidor ultrasónico.

<b>DÍA</b>	<b>FILTRACIÓN POR ARENA</b>			
	<b>CST3-FLT CAUDAL</b> <i>(m3/día)</i>	<b>CST3-FLT VELOCIDAD</b> <i>(m/s)</i>	<b>FLT-ABL CAUDAL</b> <i>(m3/día)</i>	<b>FLT-ABL VELOCIDAD</b> <i>(m/s)</i>
1	975,6	2,4	899,2	0,7
2	989,0	2,4	911,6	0,7
3	952,6	2,3	878,0	0,6
4	934,3	2,0	861,2	0,6

5	989,3	2,4	911,8	0,7
6	954,2	2,3	879,5	0,6
7	947,5	2,3	873,3	0,6
8	967,7	2,4	891,9	0,7
9	954,2	2,3	879,5	0,6
10	962,4	2,3	887,0	0,6
11	934,8	2,0	861,6	0,6
12	964,8	2,3	889,3	0,6
13	935,3	2,0	862,0	0,6
14	969,6	2,4	893,7	0,6
15	959,3	2,4	884,2	0,6
16	917,3	1,9	845,5	0,5
17	965,5	2,3	889,9	0,6
18	986,9	2,4	909,6	0,7
19	962,4	2,3	887,0	0,6
20	965,5	2,4	889,9	0,6
21	954,7	2,3	880,0	0,6
22	984,5	2,4	907,4	0,7
23	949,4	2,3	875,1	0,6
24	976,1	2,4	899,7	0,7
25	954,2	2,3	879,5	0,6
26	935,5	2,0	862,3	0,6
27	989,0	2,4	911,6	0,7
28	951,8	2,3	877,3	0,6
29	925,4	1,9	853,0	0,6
30	954,0	2,3	879,3	0,6
<b>MEDIA</b>	<b>959</b>	<b>2,3</b>	<b>884</b>	<b>0,6</b>
<b>VARIANZA</b>	<b>355</b>	<b>0,03</b>	<b>301</b>	<b>0,001</b>
<b>DESV. EST.</b>	<b>19</b>	<b>0,16</b>	<b>17</b>	<b>0,038</b>
<b>COEF. DE VAR.</b>	<b>2%</b>	<b>7%</b>	<b>2%</b>	<b>6%</b>

Elaborado por: El autor.



**Tabla 35:** Ciclos de funcionamiento de los ablandadores.

HORARIO REGISTRADO		PRESIÓN FLT. ARENA (PSI)		ABLANDADOR 1		PRESIÓN (PSI)		ABLANDADOR 2		PRESIÓN (PSI)		ABLANDADOR 3		ABLANDADOR 4 (AVERIADO)	
		ENTRA	SALE	TIEMPO (min)	CICLO	ENTRA	SALE	TIEMPO (min)	CICLO	ENTRA	SALE	TIEMPO (min)	CICLO	TIEMPO (min)	CICLO
6:10	6:20	51	37	68	Capacity Remaining	34	30	10	Capacity Remaining	33	28	316	4. srv- volumen	-	Apagado
6:20	6:32	50	35		Capacity Remaining	33	28	12	Backwash	30	26		4. srv- volumen	-	Apagado
6:32	7:18	48	31		Capacity Remaining	32	26	60	Regenerant Draw	32	24		4. srv- volumen	-	Apagado
7:18	7:30	48	30	12	Backwash	26	14		Regenerant Draw	26	13		4. srv- volumen	-	Apagado
7:30	7:33	48	30	60	Regenerant Draw	30	14		Regenerant Draw	30	13		4. srv- volumen	-	Apagado
7:33	7:43	47	29		Regenerant Draw	26	12	10	Backwash 2	26	12		4. srv- volumen	-	Apagado
7:43	8:03	47	29		Regenerant Draw	27	12	20	Rinse	26	12		4. srv- volumen	-	Apagado
8:03	8:30	46	27		Regenerant Draw	24	16	185	Capacity Remaining	20	16		4. srv- volumen	-	Apagado
8:30	8:50	45	24	20	Backwash 2	21	14		Capacity Remaining	20	13		4. srv- volumen	-	Apagado
8:50	9:05	45	25	15	Rinse	21	14		Capacity Remaining	20	12		4. srv- volumen	-	Apagado
9:05	11:06	45	26	194	Capacity Remaining	22	18	12	Capacity Remaining	21	16		4. srv- volumen	-	Apagado
11:06	11:18	47	29		Capacity Remaining	25	20		12	Backwash	25		13	4. srv- volumen	-
11:18	11:26	49	32		Capacity Remaining	28	20		60	Regenerant Draw	28	18	4. srv- volumen	-	Apagado

11:26	11:36	52	36		<b>Capacity Remaining</b>	24	4		<b>Regenerant Draw</b>	24	0	10	<b>1. contravalado</b>	-	Apagado	
11:36	12:18	54	41		<b>Capacity Remaining</b>	34	8		<b>Regenerant Draw</b>	38	5		<b>2. succión &amp; enjuague</b>	-	Apagado	
12:18	12:28	54	41	12	<b>Backwash</b>	50	0	10	<b>Backwash 2</b>	48	0	60	<b>2. succión &amp; enjuague</b>	-	Apagado	
12:28	12:30	54	41		<b>Backwash</b>	48	0		<b>Rinse</b>	48	0		<b>2. succión &amp; enjuague</b>	-	Apagado	
12:30	12:36	53	41		<b>Regenerant Draw</b>	50	0	20	<b>Rinse</b>	50	0		<b>2. succión &amp; enjuague</b>	-	Apagado	
12:36	12:48	53	40		<b>Regenerant Draw</b>	42	0			<b>Rinse</b>	42	0	20	<b>3. enjuague rápido</b>	-	Apagado
12:48	12:56	52	40	60	<b>Regenerant Draw</b>	24	0	150	<b>Capacity Remaining</b>	21	0	<b>3. enjuague rápido</b>		-	Apagado	
12:56	13:11	53	40		<b>Regenerant Draw</b>	35	0			<b>Capacity Remaining</b>	30	0	15	<b>4. relleno de agua</b>	-	Apagado
13:11	13:31	52	39		<b>Regenerant Draw</b>	18	7			<b>Capacity Remaining</b>	18	8		299	<b>4. srv- volumen</b>	-
13:31	13:51	51	38	20	<b>Backwash 2</b>	17	7		<b>Capacity Remaining</b>	15	7	<b>4. srv- volumen</b>	-		Apagado	
13:51	14:06	50	37	15	<b>Rinse</b>	18	8		<b>Capacity Remaining</b>	16	8	<b>4. srv- volumen</b>	-		Apagado	
14:06	15:18	49	36	244	<b>Capacity Remaining</b>	19	12		<b>Capacity Remaining</b>	18	12	<b>4. srv- volumen</b>	-		Apagado	
15:18	15:30	49	34		<b>Capacity Remaining</b>	22	14	12	<b>Backwash</b>	22	12	<b>4. srv- volumen</b>	-	Apagado		
15:30	16:30	48	31		<b>Capacity Remaining</b>	25	14	60	<b>Regenerant Draw</b>	25	15	<b>4. srv- volumen</b>	-	Apagado		
16:30	16:40	47	29		<b>Capacity</b>	25	19	10	<b>Backwash 2</b>	25	17	<b>4. srv- volumen</b>	-	Apagado		



11:36	12:18	20,7	1,1	2	5,9	4,0	7,2
12:18	12:28	2,7	2,1	0,5	0,0	0,0	0,0
12:28	12:30	0,5	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0
12:30	12:36	1,1	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0
12:36	12:48	5,1	1,5	3,5	0,0	0,0	0,0
12:48	12:56	5,2	0,2	2,3	0,9	0,6	1,1
12:56	13:11	7,9	0,4	0,6	2,4	1,7	2,2
13:11	13:31	14	0,5	0	5,8	2,9	4,6
13:31	13:51	13,9	2	0	4,9	2,4	4,6
13:51	14:06	10,4	1,4	0	3,1	2,2	3,3
14:06	15:18	48,3	0	0	18,1	10,6	18,7
15:18	15:30	7,8	1,2	0	1,9	1,4	3,1
15:30	16:30	37,1	1,5	0	13,8	5,7	17,2
16:30	16:40	6,3	1	0	1,4	1,0	3,0
16:40	17:00	12,8	2	0	3,2	1,9	5,9
17:00	17:30	18,5	0	0	6,2	3,1	9,3
17:30	18:10	24,4	0	0	8,0	4,2	12,5
<b>TOTALES</b>	<b>(m3/h)</b>	<b>37</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>14</b>
	<b>(m3/12h)</b>	<b>442</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>151</b>	<b>78</b>	<b>170</b>
	<b>(m3/día)</b>	<b>884</b>	<b>60</b>	<b>24</b>	<b>302</b>	<b>157</b>	<b>341</b>
	<b>%</b>	<b>100%</b>	<b>7%</b>	<b>3%</b>	<b>34%</b>	<b>18%</b>	<b>38%</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 37:** Producción de los equipos de OI grande y pequeña.

DÍA	HORA (am)	CST1-OSMG CAUDAL (m3/día)	OSMG-CST7 CAUDAL (m3/día)	CST1-OSMP CAUDAL (m3/día)	OSMP-CST7 (m3/día)	OSMP-PINT (m3/día)	R. OSMGYP - CST3 (m3/día)	TOTAL, INGRESO (m3/día)	TOTAL, OSMOTIZADA (m3/día)	TOTAL, RECHAZO (m3/día)	OBSERVACIONES
1	7:45	284	82	57	17	0	242	341	99	242	Osmo. Peq. Hacia Cst7
2	7:45	284	81	58	18	0	243	342	99	243	Osmo. Peq. Hacia Cst7
3	7:45	283	81	Apagada	0	0	202	283	81	202	Osmosis Peq. Apagada
4	7:45	283	80	Apagada	0	0	203	283	80	203	Osmosis Peq. Apagada
5	7:45	286	83	58	0	17	243	344	101	243	Osm. Peq. Hacia Pintura
6	7:45	284	81	Apagada	0	0	203	284	81	203	Osmosis Peq. Apagada
7	7:45	286	79	Apagada	0	0	206	286	79	206	Osmosis Peq. Apagada
8	7:45	281	81	59	0	18	241	339	98	241	Osm. Peq. Hacia Pintura
9	7:45	288	81	57	17	0	247	345	98	247	Osmo. Peq. Hacia Cst7
10	7:45	287	82	55	0	18	242	342	100	242	Osm. Peq. Hacia Pintura
11	7:45	289	80	56	17	0	248	345	96	248	Osmo. Peq. Hacia Cst7
12	7:45	287	80	57	18	0	246	344	98	246	Osmo. Peq. Hacia Cst7
13	7:45	281	82	Apagada	0	0	199	281	82	199	Osmosis Peq. Apagada
14	7:45	289	87	58	0	18	243	347	104	243	Osm. Peq. Hacia Pintura
15	7:45	277	90	57	0	18	226	334	108	226	Osm. Peq. Hacia Pintura
16	7:45	288	80	Apagada	0	0	208	288	80	208	Osmosis Peq. Apagada
17	7:45	282	83	58	18	0	239	339	101	239	Osmo. Peq. Hacia Cst7
18	7:45	289	84	57	0	17	245	346	101	245	Osm. Peq. Hacia Pintura
19	7:45	283	81	55	17	0	241	338	97	241	Osmo. Peq. Hacia Cst7
20	7:45	289	82	Apagada	0	0	207	289	82	207	Osmosis Peq. Apagada
21	7:45	288	84	Apagada	0	0	205	288	84	205	Osmosis Peq. Apagada
22	7:45	287	89	58	0	18	238	345	107	238	Osm. Peq. Hacia Pintura
23	7:45	282	83	55	18	0	237	337	100	237	Osmo. Peq. Hacia Cst7
24	7:45	277	91	58	0	17	227	335	108	227	Osm. Peq. Hacia Pintura

25	7:45	287	81	57	18	0	245	344	99	245	Osmo. Peq. Hacia Cst7
26	7:45	278	83	Apagada	0	0	196	278	83	196	Osmosis Peq. Apagada
27	7:45	288	83	57	0	17	244	344	100	244	Osm. Peq. Hacia Pintura
28	7:45	282	81	58	17	0	242	340	98	242	Osmo. Peq. Hacia Cst7
29	7:45	285	79	56	0	17	245	341	96	245	Osm. Peq. Hacia Pintura
30	7:45	283	91	58	0	18	232	341	109	232	Osm. Peq. Hacia Pintura
31	7:45	285	81	Apagada	0	0	204	285	81	204	Osmosis Peq. Apagada
32	7:45	282	83	Apagada	0	0	199	282	83	199	Osmosis Peq. Apagada
33	7:45	283	87	Apagada	0	0	197	283	87	197	Osmosis Peq. Apagada
34	7:45	289	82	Apagada	0	0	207	289	82	207	Osmosis Peq. Apagada
35	7:45	283	82	56	17	0	241	340	99	241	Osmo. Peq. Hacia Cst7
36	7:45	284	80	57	0	18	243	341	98	243	Osm. Peq. Hacia Pintura
37	7:45	280	88	58	0	17	233	338	105	233	Osm. Peq. Hacia Pintura
38	7:45	281	82	Apagada	0	0	199	281	82	199	Osmosis Peq. Apagada
39	7:45	280	82	Apagada	0	0	198	280	82	198	Osmosis Peq. Apagada
40	7:45	277	81	58	18	0	238	336	98	238	Osmo. Peq. Hacia Cst7
<b>MEDIA</b>		<b>284</b>	<b>83</b>	<b>57</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>240</b>	<b>341</b>	<b>101</b>	<b>240</b>	
<b>VARIANZA</b>		<b>12</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>5076</b>	<b>10000</b>	<b>2093</b>	<b>3994</b>	
<b>DESV. EST.</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	
<b>COEF. DE VAR.</b>		<b>1%</b>	<b>4%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>	<b>2%</b>	

Elaborado por: El autor.

**Tabla 38:** Aforamiento en bomba que ingresa al proceso de fundición.

<b>AFORAMIENTO DE BOMBA QUE INGRESA AL PROCESO DE CONFORMACIÓN DE LINGOTES</b>			
<i>Día</i>	<i>TIEMPO (s)</i>	<i>VOLÚMEN CONOCIDO (m3)</i>	<i>CAUDAL (m3/día)</i>
1	66	0,85	1114,6
2	65	0,85	1126,6
3	65	0,85	1137
4	63	0,85	1160,5
5	66	0,85	1118
6	63	0,85	1159
7	62	0,85	1178,9
8	64	0,85	1156,7
9	64	0,85	1147,7
10	65	0,85	1127,1
11	66	0,85	1112,6
12	65	0,85	1134,9
13	65	0,85	1137,4
14	65	0,85	1128,6
15	64	0,85	1144,6
16	65	0,85	1126,4
17	66	0,85	1114,1
18	65	0,85	1135,4
19	65	0,85	1125,5
20	65	0,85	1131,8
<b>MEDIA</b>	65	1	1135,9
<b>VARIANZA</b>	0,9	0	293,3
<b>DESV. ESTANDAR</b>	1	0	17,1
<b>COEF. DE VARIACIÓN</b>	1,50%	0,00%	1,50%

Elaborado por: El autor.

**Tabla 39:** Aforamiento en bombas que ingresan a la torre de enfriamiento N.º 1.

<b>AFORAMIENTO DE LAS DOS BOMBAS QUE INGRESAN A TORRE DE ENFRIAMIENTO N.º 1</b>			
<i>DÍAS</i>	<i>TIEMPO (s)</i>	<i>VOLÚMEN CONOCIDO (m3)</i>	<i>CAUDAL (m3/día)</i>
1	176	0,85	834,1
2	176	0,85	836,2
3	176	0,85	834,5
4	177	0,85	830,8
5	176	0,85	837,5
6	176	0,85	834,9
7	176	0,85	834,1
8	177	0,85	831,1
9	175	0,85	838,5

10	177	0,85	833
11	177	0,85	831,5
12	176	0,85	837,8
13	175	0,85	838,4
14	176	0,85	834,6
15	177	0,85	831,1
16	175	0,85	838,4
17	177	0,85	832,6
18	177	0,85	831,2
19	176	0,85	833,9
20	177	0,85	833,2
<b>MEDIA</b>	176	1	834,4
<b>VARIANZA</b>	0,3	0	6,8
<b>DESV. ESTANDAR</b>	0,5	0	2,6
<b>COEF. DE VARIACIÓN</b>	0,30%	0,00%	0,30%

Elaborado por: El autor.

**Tabla 40:** Pérdidas de agua ablandada en el proceso de fundición.

<b>DÍA</b>	<b>INGRESO REAL CST4-FND (m3/día)</b>	<b>AFORAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL PROCESO R. FND (m3/día)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	300	305	Producción Normal
2	302	315	Producción Normal
3	317	315	Producción Normal
4	286	288	Producción Normal
5	144	142	Parada por Mantenimiento
7	139	137	Parada por Mantenimiento
8	153	151	Parada por Mantenimiento
9	166	161	Parada por Mantenimiento
10	216	217	Preparación de Arranque
11	302	306	Producción Normal
12	305	302	Producción Normal
14	312	310	Producción Normal
15	299	306	Producción Normal
16	110	108	Preparación de Arranque
17	300	308	Producción Normal
18	304	303	Producción Normal
19	300	312	Producción Normal
21	293	301	Producción Normal
22	302	297	Producción Normal
23	308	306	Producción Normal
24	309	310	Producción Normal
25	302	293	Producción Normal
26	299	300	Producción Normal
28	312	312	Producción Normal



29	305	300	Producción Normal
30	167	163	Preparación de Arranque
31	296	288	Producción Normal
32	300	294	Producción Normal
33	299	304	Producción Normal
35	301	305	Producción Normal
36	130	142	Preparación de Arranque
37	103	110	Preparación de Arranque
38	300	301	Producción Normal
39	188	192	Preparación de Arranque
40	296	298	Producción Normal
42	223	218	Preparación de Arranque
43	302	298	Producción normal
44	301	300	Producción normal
45	298	296	Producción normal
46	295	293	Producción normal
47	303	299	Producción normal
<b>MEDIA</b>	<b>302</b>	<b>302</b>	
<b>VARIANZA</b>	<b>35</b>	<b>50</b>	
<b>DESV. EST.</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	
<b>COEF. DE VAR.</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	

Elaborado por: El autor.

**Tabla 41:** Ingreso de agua al área de fundición registradas con contador de agua.

DÍA	HORA (am)	LECTURA	USO REAL		OBSERVACIONES
			MED 2 (m3/h)	MED 2 (m3/día)	
1	8:00	599788	13	302	Producción normal
2	8:00	600090	14	338	Producción normal
3	8:00	600428	13	322	Producción normal
4	8:00	600750	13	310	Producción normal
5	8:00	601060	14	334	Producción normal
7	8:00	601394	7	169	Parada de producción
8	8:00	601563	12	289	Producción normal
9	8:00	601852	9	215	Parada de producción
10	8:00	602067	11	263	Producción normal
11	8:00	602330	12	279	Producción normal
12	8:00	602609	12	293	Producción normal
14	8:00	602902	9	214	Parada de producción
15	8:00	603116	10	244	Parada de producción
16	8:00	603360	11	268	Producción normal
17	8:00	603628	14	346	Producción normal
18	8:00	603974	12	294	Producción normal
19	8:00	604268	12	294	Producción normal
21	8:00	604562	12	294	Producción normal

22	8:00	604856	12	294	Producción normal
23	8:00	605150	13	303	Producción normal
24	8:00	605453	12	289	Producción normal
25	8:00	605742	15	352	Producción normal
26	8:00	606094	15	352	Producción normal
28	8:00	606446	12	286	Producción normal
29	8:00	606732	13	305	Producción normal
30	8:00	607037	12	285	Producción normal
31	8:00	607322	12	295	Producción normal
32	8:00	607617	12	285	Producción normal
33	8:00	607902	12	292	Producción normal
35	8:00	608194	6	134	Parada de producción
36	8:00	608328	7	168	Parada de producción
37	8:00	608496	13	303	Producción normal
38	8:00	608799	12	277	Producción normal
39	8:00	609076	13	304	Producción normal
40	8:00	609380	14	326	Producción normal
42	8:00	609706	13	301	Producción normal
43	8:00	610007	13	312	Producción normal
44	8:00	610319	13	304	Producción normal
45	8:00	610623	14	324	Producción normal
46	8:00	610947	12	289	Producción normal
47	8:00	611236	10	234	Parada de producción
<b>MEDIA</b>			<b>13</b>	<b>303</b>	
<b>VARIANZA</b>			<b>0,8</b>	<b>486</b>	
<b>DESV. EST.</b>			<b>0,9</b>	<b>22</b>	
<b>COEF. DE VAR.</b>			<b>7%</b>	<b>7%</b>	

**Elaborado por:** El autor.

**Tabla 42:** Registros de caudales de prensas 1 y 2, con medidor ultrasónico.

<b>DÍA</b>	<b>HORA (am)</b>	<b>CST4-PREN1 (m3/día)</b>	<b>CST4-PREN1 (m/s)</b>	<b>PREN1-CST4 (m3/día)</b>	<b>PREN1-CST4 (m/s)</b>	<b>CST4-PREN2 (m3/día)</b>	<b>CST4-PREN2 (m/s)</b>	<b>PREN2-CST4 (m3/día)</b>	<b>PREN2-CST4 (m/s)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	8:15	312	1,4	317	1,3	326	1,8	322	1,4	Producción normal
2	8:15	318	1,4	317	1,4	322	1,8	321	1,4	Producción normal
3	8:15	318	1,4	317	1,3	322	1,8	321	1,4	Producción normal
4	8:15	312	1,3	310	1,3	317	1,8	317	1,4	Producción normal
5	8:15	327	1,4	325	1,3	326	1,8	326	1,4	Producción normal
6	8:15	318	1,4	318	1,3	317	1,8	317	1,4	Producción normal
7	8:15	322	1,3	322	1,4	319	1,8	317	1,4	Producción normal
8	8:15	320	1,4	320	1,3	319	1,8	319	1,4	Producción normal
9	8:15	319	1,4	318	1,4	322	1,8	321	1,4	Producción normal
10	8:15	321	1,4	319	1,4	317	1,8	317	1,3	Producción normal
11	8:15	321	1,4	321	1,4	318	1,8	318	1,4	Producción normal
12	8:15	318	1,4	319	1,4	0	0,0	0	0,0	PREN2 parada
13	8:15	298	1,3	297	1,3	323	1,8	322	1,4	Producción normal
14	8:15	314	1,4	312	1,3	309	1,8	308	1,4	Producción normal
15	8:15	326	1,4	326	1,4	320	1,8	319	1,4	Producción normal
16	8:15	313	1,4	311	1,4	319	1,8	321	1,4	Producción normal
17	8:15	321	1,4	321	1,3	317	1,8	318	1,4	Producción normal
18	8:15	319	1,4	318	1,3	321	1,8	320	1,4	Producción normal
19	8:15	311	1,4	310	1,4	317	1,8	317	1,4	Producción normal
20	8:15	324	1,4	323	1,3	300	1,8	300	1,4	Producción normal
21	8:15	314	1,4	311	1,3	315	1,8	315	1,4	Producción normal
22	8:15	328	1,4	326	1,4	0	0,0	0	0,0	PREN2 parada
23	8:15	321	1,4	319	1,4	322	1,8	322	1,4	Producción normal
24	8:15	318	1,4	317	1,3	318	1,8	317	1,4	Producción normal
25	8:15	324	1,4	324	1,4	0	0,0	0	0,0	PREN2 parada

<b>MEDIA</b>	<b>318</b>	<b>1</b>	<b>318</b>	<b>1</b>	<b>318</b>	<b>2</b>	<b>318</b>	<b>1</b>
<b>VARIANZA</b>	<b>38</b>	<b>0,001</b>	<b>39</b>	<b>0,001</b>	<b>29</b>	<b>0,0004</b>	<b>27</b>	<b>0,0004</b>
<b>DESV. EST.</b>	<b>6</b>	<b>0,034</b>	<b>6</b>	<b>0,030</b>	<b>5</b>	<b>0,0201</b>	<b>5</b>	<b>0,0198</b>
<b>COEF. DE VAR.</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 43:** Registros de caudales en intercambiadores de calor de anodizado.

<b>DÍA</b>	<b>HORA (am)</b>	<b>CST5-INTER CAUDAL (m3/día)</b>	<b>CST5-INTER VELOCIDAD (m/s)</b>	<b>INTER-CST5 CAUDAL (m3/día)</b>	<b>INTER-CST5 VELOCIDAD (m/s)</b>
1	9:00	4286	2,88	4344	2,93
2	9:00	4326	2,81	4346	2,92
3	9:00	4314	2,89	4296	2,91
4	9:00	4330	2,96	4327	2,95
5	9:00	4317	2,90	4285	2,87
6	9:00	4320	2,82	4344	2,96
7	9:00	4378	2,96	4381	2,95
8	9:00	4368	2,94	4397	2,98
9	9:00	4331	2,96	4315	2,92
10	9:00	4371	2,96	4375	2,96
11	9:00	4374	2,93	4371	2,95
12	9:00	4404	2,97	4392	2,96
13	9:00	4344	2,94	4371	2,97
14	9:00	4487	3,03	4445	2,98
15	9:00	4421	2,99	4400	2,97
16	9:00	4326	2,95	4317	2,92
17	9:00	4373	2,94	4376	2,96
18	9:00	4322	2,83	4323	2,92
19	9:00	4355	2,95	4349	2,91

20	9:00	4375	2,94	4397	2,97
21	9:00	4347	2,83	4376	2,98
22	9:00	4375	2,95	4372	2,94
23	9:00	4372	2,94	4379	2,96
24	9:00	4374	2,96	4374	2,95
25	9:00	4378	2,95	4381	2,94
<b>MEDIA</b>		<b>4359</b>	<b>3</b>	<b>4361</b>	<b>3</b>
<b>VARIANZA</b>		<b>1622</b>	<b>0,003</b>	<b>1278</b>	<b>0,001</b>
<b>DESV. EST.</b>		<b>40</b>	<b>0,054</b>	<b>36</b>	<b>0,027</b>
<b>COEF. DE VAR.</b>		<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 44:** Registros de caudales en la caldera de vapor N.º 1.

<b>DÍA</b>	<b>PURGA DE CALDERA N.º 1</b>			<b>PURGAS DE CONDENSADO DE TINAS DE ANODIZADO 1 Y 3</b>				<b>PERDIDA TOTAL CALDEROS (m3/día)</b>	
	<b>PURGADO DEL SISTEMA (L)</b>	<b>FRECUENCIA DE PURGADO "n" VECES/DÍA</b>	<b>PÉRDIDAS DE AGUA POR PURGA EN CALDERO 1 (m3/día)</b>	<b>PURGADO CONSTANTE TINA 1 BAÑO DE DESENGRASE (L)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>PURGADO CONSTANTE TINA 3 TANQUE DE AE (L)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>		<b>PÉRDIDAS DE AGUA POR PURGAS TINA 1 Y 3 (m3/día)</b>
1	50	2	0,1	3,20	90	1	33,2	5,7	5,8
2	50	2	0,1	3,20	90	1	35,4	5,5	5,6
3	50	2	0,1	3,20	90	1	35,1	5,5	5,6
4	50	2	0,1	3,20	90	1	36,4	5,4	5,5
5	50	2	0,1	3,20	90	1	35,8	5,5	5,6
6	50	2	0,1	3,20	90	1	35,1	5,5	5,6
7	50	2	0,1	3,20	90	1	35,8	5,5	5,6
8	50	2	0,1	3,20	90	1	35,2	5,5	5,6
9	50	2	0,1	3,20	90	1	34,7	5,6	5,7
10	50	2	0,1	3,20	90	1	34,5	5,6	5,7
11	50	2	0,1	3,20	90	1	36,0	5,5	5,6

12	50	2	0,1	3,20	90	1	34,6	5,6	5,7	
13	50	2	0,1	3,20	90	1	35,2	5,5	5,6	
14	50	2	0,1	3,20	90	1	33,2	5,7	5,8	
15	50	2	0,1	3,20	90	1	33,5	5,6	5,7	
16	50	2	0,1	3,20	90	1	36,1	5,5	5,6	
17	50	2	0,1	3,20	90	1	35,3	5,5	5,6	
18	50	2	0,1	3,20	90	1	34,0	5,6	5,7	
19	50	2	0,1	3,20	90	1	36,3	5,5	5,6	
20	50	2	0,1	3,20	90	1	35,6	5,5	5,6	
21	50	2	0,1	3,20	90	1	34,6	5,6	5,7	
22	50	2	0,1	3,20	90	1	35,1	5,5	5,6	
23	50	2	0,1	3,20	90	1	33,5	5,7	5,8	
24	50	2	0,1	3,20	90	1	35,4	5,5	5,6	
25	50	2	0,1	3,20	90	1	36,1	5,5	5,6	
							<b>MEDIA</b>	<b>35,0</b>	<b>5,5</b>	<b>6</b>
							<b>VARIANZA</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
							<b>DESV. EST.</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
							<b>COEF. DE VAR.</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 45:** Registros de caudales en tinas de anodizado, con aforamientos volumétricos.

NÚMERO DE TINA	ESPECIFICACIÓN	AFORO EN PURGAS DE TINAS			REBOSE DE TINAS POR INMERSIÓN DE PERFILES (L)	PÉRDIDAS EN ANODIZADO (m3/día)	TIPO DE AGUA USADA
		TIEMPO (s)	VULÚMEN (L)	CAUDAL (m3/día)			
1	Baño de desengrase	0,0	1	0,00	3	0,48	Osmotizada
2	Enjuague de desengrase	27,5	1	2,09	12	4,01	Osmotizada
3	Baño tanque de AE	0,0	1	0,00	3	0,48	Osmotizada
4	Enjuague tanque AE	0,0	1	0,00	10	1,60	Ablandada
5	Baño de soda caustica	0,0	1	0,00	2	0,32	Ablandada

6	<i>Enjuague #1 de soda</i>	1,0	1	57,03	10	58,63	<b>Ablandada</b>
7	<i>Enjuague #2 de soda</i>	8,4	1	6,85	5	7,65	<b>Ablandada</b>
8	<i>Baño #1 de neutralizado</i>	0,0	1	0,00	2	0,32	<b>Osmotizada</b>
9	<i>Baño #2 de neutralizado</i>	0,0	1	0,00	2	0,32	<b>Osmotizada</b>
10	<i>Enjuague de neutralizado</i>	19,3	0,1	0,30	10	1,90	<b>Osmotizada</b>
11	<i>Natural 1</i>	0,0	1	0,00	0,5	0,08	<b>Osmotizada</b>
12	<i>Natural 2</i>	0,0	1	0,00	0,5	0,08	<b>Osmotizada</b>
13	<i>Natural 3</i>	0,0	1	0,00	0,5	0,08	<b>Osmotizada</b>
14	<i>Natural 4</i>	0,0	1	0,00	0,5	0,08	<b>Osmotizada</b>
15	<i>Natural 5</i>	0,0	1	0,00	0,5	0,08	<b>Osmotizada</b>
16	<i>Enjuague #1 de naturales</i>	11,3	1	5,12	4	5,76	<b>Ablandada</b>
17	<i>Enjuague #2 de naturales</i>	0,0	1	0,00	4	0,64	<b>Ablandada</b>
18	<i>Baño de color bronce</i>	0,0	1	0,00	1	0,16	<b>Osmotizada</b>
19	<i>Baño de color dorado</i>	0,0	1	0,00	1	0,16	<b>Osmotizada</b>
20	<i>Enjuague de color #1</i>	16,0	1	3,60	2	3,92	<b>Osmotizada</b>
21	<i>Enjuague de color #2</i>	36,3	1	1,58	2	1,90	<b>Osmotizada</b>
22	<i>Enjuague de color #3</i>	35,5	1	1,62	2	1,94	<b>Osmotizada</b>
23	<i>Baño de sellado</i>	0,0	1	0,00	2	0,32	<b>Osmotizada</b>
24	<i>Enjuague frío de sellado</i>	40,5	1	1,42	4	2,06	<b>Osmotizada</b>
25	<i>Enjuague caliente sellado</i>	7,9	1	7,29	10	8,89	<b>Osmotizada</b>
<b>TOTAL</b>				<b>87</b>	<b>15</b>	<b>102</b>	

Elaborado por: El autor.

**Tabla 46:** Registros de caudales para el extractor de vapor de la tina de soda caustica.

DÍA	HORA (am)	AFORAMIENTO VOLUMÉTRICO SALIDA 1			AFORAMIENTO VOLUMÉTRICO SALIDA 2			PÉRDIDAS DE AGUA EN EXTRACTORES DE VAPOR (m3/día)
		VOLÚMEN CONOCIDO 1 (L)	TIEMPO 1 (s)	AGUA ABLANDADA (m3/día)	VOLÚMEN CONOCIDO 2 (L)	TIEMPO 2 (s)	AGUA ABLANDADA (m3/día)	
1	10:00	1	5,3	11,0	1	40,2	1,1	12,05
2	10:00	1	5,5	10,5	1	39,3	1,1	11,59
3	10:00	1	5,3	10,9	1	40,1	1,1	11,95
4	10:00	1	5,5	10,5	1	39,7	1,1	11,64
5	10:00	1	5,6	10,3	1	40,4	1,1	11,36
6	10:00	1	5,5	10,4	1	41,9	1,0	11,45
7	10:00	1	5,6	10,3	1	39,8	1,1	11,35
8	10:00	1	5,2	11,1	1	41,2	1,0	12,10
9	10:00	1	5,7	10,2	1	40,1	1,1	11,27
10	10:00	1	5,4	10,6	1	39,8	1,1	11,69
11	10:00	1	5,7	10,1	1	40,2	1,1	11,20
12	10:00	1	5,3	10,8	1	39,8	1,1	11,93
13	10:00	1	5,7	10,1	1	40,2	1,1	11,14
14	10:00	1	5,1	11,3	1	41,0	1,1	12,30
15	10:00	1	5,3	10,8	1	40,2	1,1	11,90
16	10:00	1	5,5	10,5	1	40,2	1,1	11,60
17	10:00	1	5,7	10,1	1	39,7	1,1	11,21
18	10:00	1	5,5	10,5	1	39,5	1,1	11,62
19	10:00	1	6,0	9,6	1	39,7	1,1	10,64
20	10:00	1	5,4	10,7	1	40,2	1,1	11,78
21	10:00	1	5,7	10,1	1	39,7	1,1	11,16
22	10:00	1	5,2	11,1	1	41,2	1,0	12,11
23	10:00	1	5,1	11,3	1	42,3	1,0	12,29
24	10:00	1	5,1	11,2	1	41,2	1,0	12,28
25	10:00	1	5,2	11,1	1	42,0	1,0	12,15
26	10:00	1	5,4	10,8	1	42,4	1,0	11,79
27	10:00	1	5,2	11,1	1	39,9	1,1	12,14
28	10:00	1	5,2	11,1	1	39,5	1,1	12,21
29	10:00	1	5,3	11,0	1	40,4	1,1	12,04
30	10:00	1	5,2	11,1	1	39,8	1,1	12,18
		<b>MEDIA</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>1,1</b>	<b>12</b>
		<b>VARIANZA</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>1</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,2</b>
		<b>DESV. EST.</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0</b>	<b>1</b>	<b>0,0220</b>	<b>0,4</b>
		<b>COEF. DE VAR.</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>	<b>0%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>

Elaborado por: El autor.



**Tabla 47:** Registros de caudales para el equipo de recuperación de ácido.

DÍA	HORA (am)	USO DE AGUA OSMOTIZADA EN EL EQUIPO ALUTRONIC		
		VOLÚMEN CONOCIDO (L)	TIEMPO (s)	PÉRDIDAS EN EQUIPO ALUTRONIC (m3/día)
1	10:30	1	5,7	15
2	10:30	1	5,5	16
3	10:30	1	5,6	16
4	10:30	1	6,1	14
5	10:30	1	5,7	15
6	10:30	1	5,7	15
7	10:30	1	5,3	16
8	10:30	1	5,8	15
9	10:30	1	5,2	17
10	10:30	1	6,0	14
11	10:30	1	5,5	16
12	10:30	1	5,4	16
13	10:30	1	5,7	15
14	10:30	1	5,8	15
15	10:30	1	5,5	16
16	10:30	1	5,5	16
17	10:30	1	5,6	15
18	10:30	1	5,4	16
19	10:30	1	5,6	15
20	10:30	1	5,3	16
21	10:30	1	5,7	15
22	10:30	1	5,7	15
23	10:30	1	5,5	16
24	10:30	1	5,6	15
25	10:30	1	5,5	16
26	10:30	1	5,3	16
27	10:30	1	5,8	15
28	10:30	1	5,6	15
29	10:30	1	5,7	15
30	10:30	1	5,9	15
31	10:30	1	5,8	15
32	10:30	1	5,8	15
33	10:30	1	5,4	16
34	10:30	1	5,5	16
35	10:30	1	5,8	15
36	10:30	1	5,7	15
37	10:30	1	5,8	15
		<b>MEDIA</b>	<b>5,6</b>	<b>15</b>
		<b>VARIANZA</b>	<b>0,04</b>	<b>0,3</b>
		<b>DESV. EST.</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>
		<b>COEF. DE VAR.</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 48:** Registros de caudales para el equipo de rectificación de voltaje.

<b>DÍA</b>	<b>HORA (am)</b>	<b>CST7-RECTIF CAUDAL (m3/día)</b>	<b>CST7-RECTIF VELOCIDAD (m/s)</b>	<b>RECTF-CST CAUDAL (m3/día)</b>	<b>RECTF-CST VELOCIDAD (m/s)</b>
1	11:00	29,12	1,06	28,96	1,06
2	11:00	32,48	1,20	32,32	1,19
3	11:00	32,64	1,21	32,16	1,21
4	11:00	32,80	1,21	32,48	1,20
5	11:00	29,12	1,09	28,80	1,10
6	11:00	29,68	1,10	29,65	1,12
7	11:00	32,00	1,13	32,00	1,11
8	11:00	28,80	1,07	28,64	1,08
9	11:00	31,68	1,07	31,68	1,06
10	11:00	28,80	1,06	28,64	1,08
11	11:00	32,65	1,21	32,57	1,20
12	11:00	30,65	1,11	30,24	1,13
13	11:00	29,11	1,07	28,96	1,07
14	11:00	33,67	1,15	33,60	1,12
15	11:00	32,10	1,12	32,00	1,10
16	11:00	32,41	1,21	32,32	1,20
17	11:00	32,43	1,20	32,48	1,17
18	11:00	32,55	1,20	32,12	1,19
19	11:00	31,52	1,08	31,36	1,06
20	11:00	32,05	1,11	32,00	1,09
21	11:00	31,84	1,08	31,52	1,08
22	11:00	30,79	1,11	30,42	1,14
23	11:00	31,37	1,07	31,26	1,07
24	11:00	32,56	1,20	32,65	1,19
25	11:00	30,98	1,12	29,98	1,13
26	11:00	32,05	1,13	32,01	1,11
27	11:00	32,56	1,20	32,75	1,18
28	11:00	30,27	1,12	30,43	1,13
29	11:00	32,65	1,17	32,49	1,18
30	11:00	31,78	1,07	31,67	1,06
<b>MEDIA</b>		<b>31</b>	<b>1</b>	<b>31</b>	<b>1</b>
<b>VARIANZA</b>		<b>1,9</b>	<b>0,00</b>	<b>2,0</b>	<b>0,003</b>
<b>DESV. EST.</b>		<b>1,4</b>	<b>0,05</b>	<b>1,4</b>	<b>0,051</b>
<b>COEF. DE VAR.</b>		<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 49:** Registros de caudales en el tanque de dosificación de soda caustica.

DÍA	AGUA USADA EN TANQUE DE SODA C. DE ANODIZADO		CONSUMO EN TANQUE DE SODA C. (m3/día)
	CAPACIDAD DEL TANQUE (m3)	LLENADO "n"VECES/DÍA	
1	2,3	2	5
2	2,3	2	5
3	2,3	2	5
4	2,3	2	5
5	2,3	2	5
6	2,3	2	5
7	2,3	2	5
8	2,3	2	5
9	2,3	2	5
10	2,3	2	5
11	2,3	2	5
12	2,3	2	5
13	2,3	2	5
14	2,3	2	5
15	2,3	2	5
16	2,3	2	5
17	2,3	2	5
18	2,3	2	5
19	2,3	2	5
20	2,3	2	5
21	2,3	2	5
22	2,3	2	5
23	2,3	2	5
24	2,3	2	5
25	2,3	2	5
CAUDAL (m3/día)			5

Elaborado por: El autor.

**Tabla 50:** Registros de caudales en el tanque de dosificación de AE.

DÍAS	AFORAMIENTO VOLUMÉTRICO		CONSUMO EN TANQUE AE (m3/día)
	VOLÚMEN INGRESO (m3)	LLENADO "n"VECES/DÍA	
1	2,4	4	9,6
2	2,4	4	9,6
3	2,4	4	9,6
4	2,4	4	9,6
5	2,4	4	9,6
6	2,4	0	0,0
7	2,4	4	9,6

8	2,4	4	9,6
9	2,4	4	9,6
10	2,4	4	9,6
11	2,4	4	9,6
12	2,4	4	9,6
13	2,4	0	0,0
14	2,4	4	9,6
15	2,4	4	9,6
16	2,4	4	9,6
17	2,4	4	9,6
18	2,4	4	9,6
19	2,4	4	9,6
20	2,4	0	0,0
21	2,4	4	9,6
22	2,4	4	9,6
23	2,4	4	9,6
24	2,4	4	9,6
25	2,4	4	9,6
26	2,4	4	9,6
27	2,4	4	9,6
<b>CAUDAL (m3/día)</b>			<b>10</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 51:** Registro de caudales en las tinas de cocción y enjuague de matricería.

DÍA	USO DE AGUA POTABLE EN TINAS DE COCCIÓN			USO DE AGUA POTABLE EN TINA DE ENJUAGUE			COMSUMO TOTAL EN MATRICERÍA (m3/día)
	CAPACIDAD DE TINAS COCCIÓN (m3)	FRECUENCIA "n" VECES/DÍA	USO EN TINAS DE COCCIÓN (m3/día)	CAPACIDAD DE TINA DE ENJUAGUE (m3)	FRECUENCIA "n" VECES/DÍA	USO EN TINA DE ENJUAGUE (m3/día)	
1	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
2	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
3	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
4	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
5	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
6	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
7	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
8	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
9	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
10	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
11	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
12	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
13	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
14	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
15	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5

16	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
17	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
18	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
19	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
20	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
21	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
22	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
23	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
24	0,72	1	0,72	1,5	3	4,4	5
25	0,72	1	0,72	1,45	3	4,4	5
<b>CAUDAL (m3/día)</b>			<b>0,72</b>			<b>4,4</b>	<b>5</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 52:** Registro de caudales en los tanques de soda de la planta de tratamiento.

<b>DÍA</b>	<b>CAPACIDAD DEL TANQUE 1 (gls)</b>	<b>FRECUENCIA "n" VECES/DÍA</b>	<b>CONSUMO DE TANQUE 1 (m3/día)</b>	<b>CAPACIDAD DEL TANQUE 2 (gls)</b>	<b>FRECUENCIA "n" VECES/DÍA</b>	<b>CONSUMO DE TANQUE 2 (m3/día)</b>	<b>CONSUMO TOTAL (m3/día)</b>
1	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
2	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
3	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
4	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
5	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
6	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
7	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
8	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
9	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
10	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
11	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
12	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
13	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
14	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
15	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
16	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
17	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
18	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
19	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
20	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
21	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
22	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
23	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
24	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
25	350	2	2,6	350	2	2,6	5,3
<b>CAUDAL (m3/día)</b>			<b>2,6</b>			<b>2,6</b>	<b>5,3</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 53:** Registro de caudales en los tanques de polímero de la planta de tratamiento.

<b>DÍA</b>	<b>CAPACIDAD DEL TANQUE 1 (L)</b>	<b>FRECUENCIA "n" VECES/DÍA</b>	<b>CONSUMO DE TANQUE 1 (m3/día)</b>	<b>CAPACIDAD DEL TANQUE 2 (L)</b>	<b>FRECUENCIA "n" VECES/DÍA</b>	<b>CONSUMO DE TANQUE 1 (m3/día)</b>	<b>CONSUMO TOTAL (m3/día)</b>
1	5000	1	5	5000	0	0	5
2	5000	0	0	5000	1	5	5
3	5000	1	5	5000	0	0	5
4	5000	0	0	5000	1	5	5
5	5000	1	5	5000	0	0	5
6	5000	0	0	5000	1	5	5
7	5000	1	5	5000	0	0	5
8	5000	0	0	5000	1	5	5
9	5000	1	5	5000	0	0	5
10	5000	0	0	5000	1	5	5
11	5000	1	5	5000	0	0	5
12	5000	0	0	5000	1	5	5
13	5000	1	5	5000	0	0	5
14	5000	0	0	5000	1	5	5
15	5000	1	5	5000	0	0	5
16	5000	0	0	5000	1	5	5
17	5000	1	5	5000	0	0	5
18	5000	0	0	5000	1	5	5
19	5000	1	5	5000	0	0	5
20	5000	0	0	5000	1	5	5
21	5000	1	5	5000	0	0	5
22	5000	0	0	5000	1	5	5
23	5000	1	5	5000	0	0	5
24	5000	0	0	5000	1	5	5
25	5000	1	5	5000	0	0	5
26	5000	0	0	5000	1	5	5
27	5000	1	5	5000	0	0	5
28	5000	0	0	5000	1	5	5
29	5000	1	5	5000	0	0	5
30	5000	0	0	5000	1	5	5
31	5000	1	5	5000	0	0	5
<b>CAUDAL (m3/día)</b>			<b>2,6</b>			<b>2,4</b>	<b>5</b>

Elaborado por: El autor.

**Tabla 54:** Registro de caudales de agua osmotizada en pintura.

<b>DÍA</b>	<b>AFORAMIENTO VOLUMÉTRICO</b>			<b>REBOSE DE TINAS (m3/día)</b>	<b>CAMBIO DE AGUA EN 6 TINAS (m3/día)</b>	<b>CONSUMO DIARIO EN TINAS PINTURA (m3/día)</b>
	<b>VOLUMEN CONOCIDO (L)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>TIEMPO DE INGRESO min/día</b>			
1	1	5,0	114	1,4	28,1	29,5
2	1	5,2	53	0,6	28,1	28,7

3	1	5,3	79	0,9	28,1	29,0
4	1	5,6	79	0,8	28,1	28,9
5	1	5,3	94	1,1	28,1	29,2
6	1	5,8	103	1,1	28,1	29,2
7	1	5,0	75	0,9	28,1	29,0
8	1	5,7	69	0,7	28,1	28,8
9	1	5,1	79	0,9	28,1	29,0
10	1	5,3	77	0,9	28,1	29,0
11	1	5,3	85	1,0	28,1	29,0
12	1	5,8	73	0,8	28,1	28,8
13	1	6,0	95	0,9	28,1	29,0
14	1	5,6	80	0,9	28,1	28,9
15	1	5,9	98	1,0	28,1	29,1
16	1	5,7	79	0,8	28,1	28,9
17	1	5,4	81	0,9	28,1	29,0
18	1	5,2	71	0,8	28,1	28,9
19	1	5,5	99	1,1	28,1	29,2
20	1	5,7	110	1,2	28,1	29,2
21	1	5,2	102	1,2	28,1	29,3
22	1	5,4	97	1,1	28,1	29,2
23	1	5,1	102	1,2	28,1	29,3
24	1	5,2	120	1,4	28,1	29,5
25	1	5,4	110	1,2	28,1	29,3
26	1	5,4	82	0,9	28,1	29,0
27	1	5,0	89	1,1	28,1	29,1
28	1	5,6	93	1,0	28,1	29,1
29	1	5,5	84	0,9	28,1	29,0
30	1	4,9	69	0,9	28,1	28,9
31	1	5,7	112	1,2	28,1	29,3
32	1	5,9	89	0,9	28,1	29,0
33	1	5,4	95	1,1	28,1	29,1
34	1	5,2	92	1,1	28,1	29,1
35	1	6,0	123	1,2	28,1	29,3
36	1	4,9	72	0,9	28,1	29,0
37	1	5,0	83	1,0	28,1	29,1
38	1	5,5	98	1,1	28,1	29,2
39	1	5,3	103	1,2	28,1	29,2
40	1	5,3	84	1,0	28,1	29,0
<b>MEDIA</b>		<b>5</b>	<b>90</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>29</b>
<b>VARIANZA</b>		<b>0,1</b>	<b>233</b>	<b>0,03</b>	<b>0</b>	<b>0,03</b>
<b>DESV. EST.</b>		<b>0,3</b>	<b>15</b>	<b>0,17</b>	<b>0</b>	<b>0,17</b>
<b>COEF. DE VAR.</b>		<b>6%</b>	<b>17%</b>	<b>17%</b>	<b>0%</b>	<b>0,6%</b>

Elaborado por: El autor.

#### 15.4. Anexo 4: Elementos del sistema de extracción, tratamiento y distribución de agua.

**Figura 99:** Pozo subterráneo N° 1.



Fuente: El autor.

**Figura 100:** Proceso de decantación de agua subterránea.



Fuente: El autor.

**Figura 101:** Filtro de arena.



Fuente: El autor.

**Figura 102:** Ablandadores de agua.



Fuente: El autor.

**Figura 103:** Tanques de salmuera.



Fuente: El autor.

**Figura 104:** Sistema de ósmosis inversa grande.



Fuente: El autor.



**Figura 105:** Sistema de ósmosis inversa pequeña.



Fuente: El autor.

**Figura 106:** Cisterna N ° 1 de almacenamiento de agua ablandada.



Fuente: El autor.

**Figura 107:** Cisterna N ° 2 decantación de agua dura.



Fuente: El autor.

**Figura 108:** Cisterna N ° 3 de almacenamiento de agua dura decantada.



Fuente: El autor.

**Figura 109:** Cisterna N ° 4 de almacenamiento de agua ablandada.



Fuente: El autor.

**Figura 110:** Cisterna N ° 5 de almacenamiento de agua ablandada para el chiller.



Fuente: El autor.

**Figura 111:** Cisterna N ° 6 de almacenamiento de agua ablandada.



Fuente: El autor.

**Figura 112:** Cisterna N ° 7 de almacenamiento de agua osmotizada.



Fuente: El autor.

**Figura 113:** Torre de enfriamiento de agua ablandada.



Fuente: El autor.

**Figura 114:** Chiller de enfriamiento de agua.



Fuente: El autor.

**Figura 115:** Ducha de emergencia del tanque de ácido en las cisternas de agua.



Fuente: El autor.

**Figura 116:** Tanque dosificador de Sosa Cáustica.



Fuente: El autor.

**Figura 117:** Caldera de generación de vapor N ° 1



Fuente: El autor.

**Figura 118:** Caldera de generación de vapor N ° 2.



Fuente: El autor.

**Figura 119:** Tanque de condensado.



Fuente: El autor.

**Figura 120:** Distribuidor de vapor.



Fuente: El autor.

**Figura 121:** Purga de condensados de la tina N °1 de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 122:** Equipo Alutronic de recuperación de ácido.



Fuente: El autor.

**Figura 123:** Purga de condensados de la tina N °3 de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 124:** Intercambiadores de calor de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 125:** Ducha de emergencia del filtro prensa de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 126:** Filtro prensa para compactación de lodos en anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 127:** Almacenamiento de lodos.



Fuente: El autor.

**Figura 128:** Extractor de vapor de la tina N °3 de AE.



Fuente: El autor.

**Figura 129:** Extractor de vapor de la tina N ° 5 de soda caustica.



Fuente: El autor.

**Figura 130:** Blowers, generación de aire.



Fuente: El autor.

**Figura 131:** Purga de condensados de la tina N °5 de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 132:** Rectificadores de voltaje.



Fuente: El autor.

**Figura 133:** Purga de condensados de la tina N ° 23 de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 134:** Purga de condensados de la tina N ° 24 de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 135:** Purga de condensados de la tina N ° 25 de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 136:** Filtros para soluciones ácidas de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 137:** Baños del proceso de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 138:** Serpentín, calentamiento del agua en las tinas de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 139:** Tina para baños de AE.



Fuente: El autor.

**Figura 140:** Tina para baños de soda caustica.



Fuente: El autor

**Figura 141:** Anodizado electrolítico.



Fuente: El autor.

**Figura 142:** Perfiles anodizados.



Fuente: El autor.

**Figura 143:** Pérdidas de agua por purgas en tinas del proceso de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 144:** Pérdidas de agua por rebose en tinas del proceso de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 145:** Tanque de AE en anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 146:** Ducha de emergencia del área de anodizado.



Fuente: El autor.

**Figura 147:** Área de empaque.



Fuente: El autor.

**Figura 148:** Área de almacenamiento de producto terminado.



Fuente: El autor.

**Figura 149:** Tinas para baños del área de pintura.



Fuente: El autor.

**Figura 150:** Prensa de extrusión N° 1.



Fuente: El autor.

**Figura 151:** Estiradora prensa N° 1.



Fuente: El autor.

**Figura 152:** Prensa de extrusión N° 2.



Fuente: El autor.



**Figura 153:** Estiradora prensa N ° 2.



Fuente: El autor.

**Figura 154:** Tinas de cocción y enjuague en matricería.



Fuente: El autor.

**Figura 155:** Ducha de emergencia en matricería.



Fuente: El autor.

**Figura 156:** Prensa hidráulica en matricería.



Fuente: El autor.

**Figura 157:** Preparación de soda para planta de tratamiento.



Fuente: El autor.

**Figura 158:** Sistema contra incendios para los tanques de combustible.



Fuente: El autor.

**Figura 159:** Cuarto de bombas.



Fuente: El autor.

**Figura 160:** Sistema contra incendios tanques GLP.



Fuente: El autor.

**Figura 161:** Ducha de emergencia de tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico.



Fuente: El autor.

**Figura 162:** Proceso de conformación de lingotes en fundición.



Fuente: El autor.

**Figura 163:** Cisterna de almacenamiento de agua en fundición.



Fuente: El autor.

**Figura 164:** Torre de enfriamiento N ° 1 en fundición.



Fuente: El autor.

**Figura 165:** Torre de enfriamiento N ° 2 en fundición.



Fuente: El autor.

**Figura 166:** Tochos de aluminio.



Fuente: El autor.

**Figura 167:** Tanques de soda caustica de la planta de tratamiento.



Fuente: El autor.

**Figura 168:** Tanques de polímero de la planta de tratamiento.



Fuente: El autor.

**Figura 169:** Floculador en planta de tratamiento.



Fuente: El autor.

**Figura 170:** Sedimentador de agua en planta de tratamiento.



Fuente: El autor.

**Figura 171:** Filtro prensa para compactación de lodos en la planta de tratamiento.



Fuente: El autor.

**Figura 172:** Ducha de emergencia de la planta de tratamiento.



Fuente: El autor.

**Figura 173:** Aforamiento volumétrico para sistemas de tuberías abiertas.



Fuente: El autor.

**Figura 174:** Medidor de caudal ultrasónico TDS-100H, medición en tuberías cerradas.



Fuente: El autor.

## 15.5. Anexo 5: Instructivo de uso del medidor ultrasónico de causal TDS-100H.

### INSTRUCTIVO DE USO

#### MEDIDOR ULTRASÓNICO PORTÁTIL TDS-100H



#### CONTENIDO.

1. OBJETIVO.
2. ALCANCE.
3. RESPONSABILIDADES.
4. DEFINICIONES.
5. REFERENCIAS.
6. RECOMENDACIONES PRELIMINARES.
7. PROCEDIMIENTO.
8. ANEXOS.

	<b>ELABORÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>
<b>NOMBRE</b>	Milton Armas	Ing. Germán Correa	Ing. Hernán Navas
<b>FUNCIÓN</b>	Pasante	Asistente de Fundición	Jefe de Fundición
<b>FECHA</b>			
<b>FIRMA</b>			

## 1. OBJETIVO.

Establecer los lineamientos a seguir para el uso del medidor ultrasónico portátil TDS-100H, en la medición de caudales del sistema de tuberías de la Planta CEDAL S.A.

## 2. ALCANCE.

El presente instructivo se aplica para las actividades de uso, medición y control del medidor ultrasónico portátil TDS-100H, en las mediciones de agua de las tuberías dentro la Planta.

## 3. RESPONSABILIDADES.

**3.1. Responsable del área de Monitoreo Ambiental.** Asegurar el cumplimiento del instructivo y supervisar la realización de las mediciones de los caudales de agua dentro de la Planta.

**3.2. Técnico de área de Monitoreo Ambiental.** Responsable del uso, medición y control del medidor ultrasónico portátil TDS-100H, en las mediciones de agua que se realicen.

## 4. DEFINICIONES.

**4.1 Caudal.** Se denomina caudal (Q) al volumen de fluido que atraviesa una sección en la unidad de tiempo.

**4.2 Medidor ultrasónico.** Dispositivo diseñado para medir la velocidad de fluidos líquidos que circulan por un conducto, no son invasivos, se sujetan con abrazaderas y proporcionan facilidad en la limpieza.

**4.3 Elementos de sujeción.** Compuestos por una cadena que rodea el perímetro de la tubería y en la cual se ubican las abrazaderas que sujetan los sensores del medidor ultrasónico.

## 5. REFERENCIAS.


5.1 Manual de uso del medidor ultrasónico portátil TDS-100H versión 8,5.

## 6. RECOMENDACIONES PRELIMINARES.

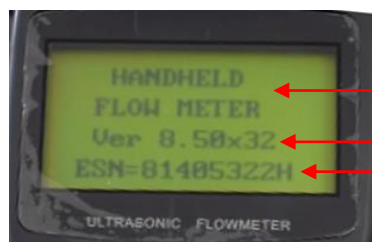
6.1 Antes de realizar las mediciones, verificar las características dimensionales de la tubería (espesor y diámetro exterior), así como el tipo de material del que está compuesto la misma.

## 7. PROCEDIMIENTO.

### 7.1 Puesta en funcionamiento del Medidor.

7.1.1 Encender el equipo pulsando la tecla 

7.1.2 En la pantalla del equipo aparece brevemente el test del display.

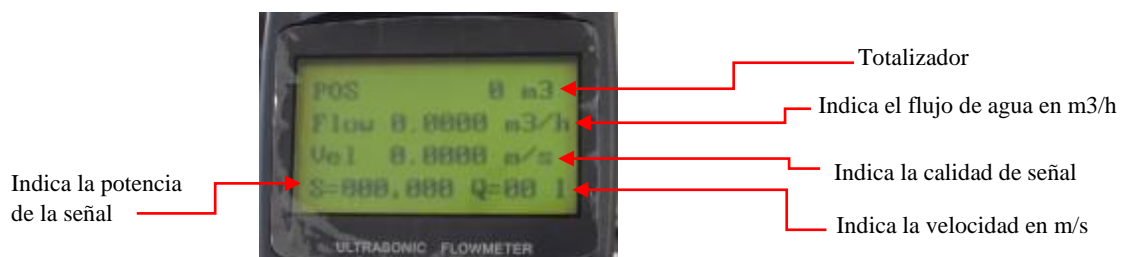


Medidor de flujo portátil

Indica la versión del dispositivo

Indica el código único de identificación del dispositivo.

7.1.3. Luego el equipo cambia automáticamente al modo de medición.



Totalizador







































Indica el flujo de agua en m3/h

Indica la calidad de señal

Indica la velocidad en m/s

Indica la potencia de la señal

## 7.2 Configuración de parámetros para medición.

- 7.2.1 Presionar la tecla de menú , más las teclas   para introducir el diámetro exterior de la tubería. presione la tecla  para poder realizar una selección. Con las teclas numéricas, y elija el diámetro del tubo y confirme con .
- 7.2.2 Acceda al menú M12 pulsando  y presione  para poder hacer una selección. Con las teclas numéricas, elige el grosor del material del tubo y confirme con .
- 7.2.3 Acceda al menú M14 pulsando  y presione  para poder hacer una selección. Con las teclas numéricas  o , elija el material del tubo y confirme con .
- 7.2.4 Acceda al menú M16 pulsando  y presione  para poder hacer una selección. Con las teclas numéricas  o , elija el material del revestimiento interior de la tubería. Si no hay revestimiento, seleccione "No Liner " y confirme con .
- 7.2.5 Acceda al menú M20 pulsando  y presione  para poder hacer una selección. Con las teclas numéricas  o , elija el tipo de líquido y confirme con .
- 7.2.6 Acceda al menú M23 pulsando  y presione  para poder hacer una selección. Con las teclas numéricas  o , elija el tipo de sensor y confirme con .
- 7.2.7 Acceda al menú M24 pulsando  y presione  para poder hacer una selección. Con las teclas numéricas  o , elija el método para la disposición de los sensores y confirma con . (Use el método V para tuberías metálicas y el método W para tuberías de plástico).
- 7.2.8 Acceda al menú M25 pulsando  para observar la distancia a la que debe colocar los sensores en la tubería, y luego presione el botón .
- 7.2.9 Presione menú , más las teclas   para visualizar los valores de mediciones posteriores.
- 7.2.10 Una vez configurada la información para la tubería seleccionada, apague el dispositivo pulsando la tecla .


**NOTA:** No programe el dispositivo cuando estén instalados los sensores en la tubería, esto evitará que se genere un conflicto en el software del dispositivo, en el caso de que esto suceda apague el equipo y pruebe con otra tubería.

## 7.3 Medición.

- 7.3.1 Conecte los sensores con el medidor, por medio de los cables con terminales azul y rojo en cada uno de sus puertos respectivos.
- 7.3.2 Coloque el gel conductor en los sensores.

- 7.3.3 Verifique la distancia desde cualquier elemento (bomba, indicadores, codos, uniones, etc.), a la que ubicará los sensores para proporcionar lecturas correctas. (Ver. ANEXO 2, DISTANCIAS PARA UBICAR LOS SENSORES DE ACUERDO A LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA TUBERÍA.).
- 7.3.4 Ubique los sensores en la tubería con la ayuda de los soportes de sujeción para el caso de tuberías PVC, mientras que para tuberías metálicas los sensores cuentan con imanes, que se fijan directamente a la tubería.



- 7.3.5 Una vez ubicados los sensores en la tubería, encienda el instrumento nuevamente pulsado  , e inmediatamente el medidor estabilizará la señal hasta proporcionarle la lectura deseada.

**Nota:** No retire los sensores de la tubería mientras no haya apagado el medidor, para evitar que se genere un conflicto en el software del dispositivo, en el caso de que esto suceda apague el equipo y pruebe con otra tubería.

#### 7.4 Carga

- 7.4.1 El dispositivo posee 3 baterías integradas de NiH, con una duración de 10 horas de trabajo continuo.
- 7.4.2 Para cargar el dispositivo, conecte el cable a la fuente de energía hasta que el indicador de carga se ponga en verde.



#### 7.5 Limpieza.

- 7.5.1 Después de cada medición, realice la limpieza de los sensores con un paño húmedo.
- 7.5.2 Antes de guardar los elementos de sujeción, limpie y seque el residuo de agua, en caso de contacto, para evitar oxidación.
- 7.5.3 Use un paño limpio y seco para retirar residuos de líquidos que pudieron estar en contacto con el medidor, (considerar que el grado de protección del medidor es IP 65)

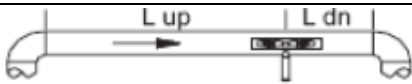


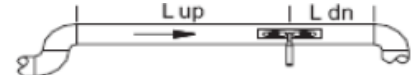



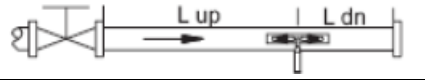
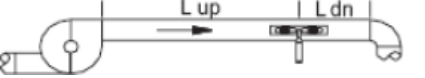
## 8. ANEXOS.

### 8.1 ANEXO N.º 1: Especificaciones técnicas del medidor ultrasónico TDS- 100H.

Linealidad	0,5%
Reproducibilidad	0,2%
Precisión	+/-1% de la lectura a >0,2 mps
Tiempo de respuesta	0-999 s, configurable por el usuario
Velocidad	+/-32 m/s
Tamaño del tubo	20 mm – 6000 mm (según transductor)
Unidades	metro, pies, metro cúbico, litro, pie cúbico, USA galón, galón imperial, barril de petróleo, USA barril de líquido, barril de líquido imperial. Configurable por el usuario
Totalizador	7 – dígitos para caudal neto, caudal positivo o negativo respectivamente
Tipos de líquidos	Todos los líquidos virtualmente
Seguridad	Ajuste de valores de la contraseña de modificación. Se debe comprobar el código de acceso
Pantalla	4x16 letras en inglés
Interfaz de comunicación	RS-232C, velocidad de transmisión: desde 75 a 57600. Protocolo realizado por el fabricante y compatible con el caudalímetro ultrasónico de FUJI.
Transductores	Modelo M1 estándar, otros 3 modelos opcionales
Longitud del hilo del transductor	Estándar 2x5 m
Alimentación	3 baterías integradas tipo AAA Ni-H. 10 Horas de tiempo operativo con carga completa. Cargador 100V-240V AC.
Data logger	Data logger integrado que puede almacenar 2000 datos
Totalizador manual	7 dígitos con función <i>press-key-to-go</i> para calibración
Material de la carcasa	ABS
Dimensiones	100 x 66 x 20 mm
Peso	514 g (1.2 lbs) con baterías incluidas

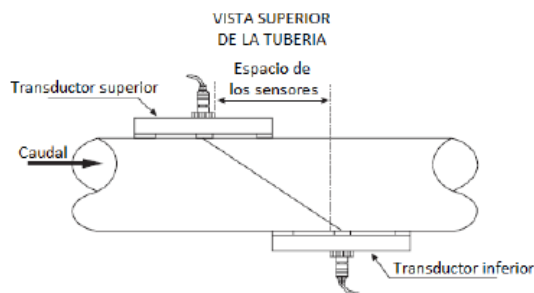
### 8.2 ANEXO N.º 2: Distancias para ubicar los sensores de acuerdo a los elementos que componen la tubería.

Tubería y posición del sensor	Aguas arriba	Aguas abajo
	Ubicar el sensor a 10 diámetros del elemento.	Ubicar el sensor a 5 diámetros del elemento.
	Ubicar el sensor a 10 diámetros del elemento.	Ubicar el sensor a 5 diámetros del elemento.
	Ubicar el sensor a 10 diámetros del elemento.	Ubicar el sensor a 5 diámetros del elemento.
	Ubicar el sensor a 12 diámetros del elemento.	Ubicar el sensor a 5 diámetros del elemento.

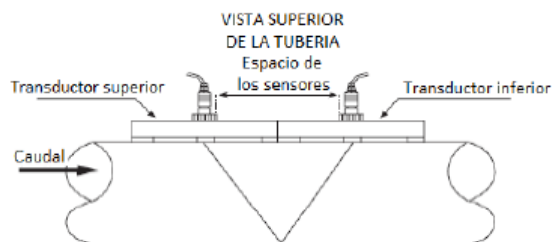
	Ubicar el sensor a 20 diámetros del elemento.	Ubicar el sensor a 5 diámetros del elemento.
	Ubicar el sensor a 20 diámetros del elemento.	Ubicar el sensor a 5 diámetros del elemento.
	Ubicar el sensor a 30 diámetros del elemento.	Ubicar elemento a 5 diámetros del elemento.

### 8.2 ANEXO N.º 3: Métodos de ubicación de sensores.

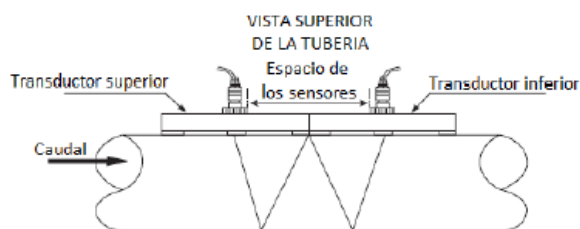
**Método V.-** Usado para mediciones de diámetros interiores que van desde 20 mm hasta los 300 mm, (Llamado método reflectivo).



**Método Z.-** Usado para diámetros internos entre 300 y 500 mm.



**Método W.-** Usado comúnmente en tuberías de plástico, con diámetros que oscilan entre 10 y 100 mm.



**15.6. Anexo 6:** Diagrama de flujo de procesos de toda la planta.  
(véase archivo adjunto proporcionado).

**Fuente:** El autor