

1-1-2003

Diagnóstico de dos industrias en el sector de galvanostegia en el proceso de anodizado y zincado a través de ecoindicadores para plantear alternativas de reducción en el consumo de materia prima y en la producción de residuos

Liliana Paola Oliveros Moreno
Universidad de La Salle, Bogotá

Adriana Angelica Rodriguez Castañeda
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Oliveros Moreno, L. P., & Rodriguez Castañeda, A. A. (2003). Diagnóstico de dos industrias en el sector de galvanostegia en el proceso de anodizado y zincado a través de ecoindicadores para plantear alternativas de reducción en el consumo de materia prima y en la producción de residuos. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1676

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

DIAGNÒSTICO DE DOS INDUSTRIAS EN EL SECTOR DE GALVANOSTEGIA
EN EL PROCESO DE ANODIZADO Y ZINCADO A TRAVÉS DE
ECOINDICADORES PARA PLANTEAR ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN EN EL
CONSUMO DE MATERIA PRIMA Y EN LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS

LILIANA PAOLA OLIVEROS MORENO
ADRIANA ANGELICA RODRIGUEZ CASTAÑEDA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTAFÈ DE BOGOTÀ, D.C.
2003

DIAGNÒSTICO DE DOS INDUSTRIAS EN EL SECTOR DE GALVANOSTEGIA
EN EL PROCESO DE ANODIZADO Y ZINCADO A TRAVÉS DE
ECOINDICADORES PARA PLANTEAR ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN EN EL
CONSUMO DE MATERIA PRIMA Y EN LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS

LILIANA PAOLA OLIVEROS MORENO
ADRIANA ANGELICA RODRIGUEZ CASTAÑEDA

Trabajo de grado para optar el título de
Ingenieras Ambientales y Sanitarias

Director
MARTHA MALAGON

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ, D.C.
2003

Nota de aceptación

Director
Martha Malagón Micán

Ing. Carmenza Robayo

Ing. Rosalina González

A Dios, a nuestros padres

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

Martha Lucia Malagón Micán, Ingeniera Química y Directora del Proyecto, por sus valiosas orientaciones.

José Aimola Finora, Gerente Industria Colombiana de Aluminios Ltda, por su interés y colaboración en el presente proyecto.

Omar Suárez Ríos, Gerente Industria Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda, por su interés y colaboración en el presente proyecto.

Orlando González Vega, Ingeniero Químico, por su colaboración y sugerencias.

Alejandro Cortés Gonzáles, Ingeniero Químico, por su colaboración.

Laboratorios Analquim, Por permitir desarrollar las prácticas de laboratorio en sus instalaciones.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS.....	24
OBJETIVO GENERAL	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
CAPITULO I	
1. GENERALIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO	25
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.2 ANTECEDENTES	26
1.3 LEGISLACIÓN AMBIENTAL Y APLICACIÓN A LOS PROCESOS DE RECUBRIMIENTOS.....	27
1.3.1 Normatividad - Agua	27
1.3.2 Normatividad - Residuos	28
1.4 BASES TECNICAS DE LOS PROCESOS DE RECUBRIMIENTOS METALICOS	28
1.4.1 PROCESO DE GALVANOSTEGIA	29
1.4.2 TECNOLOGIA EMPLEADA	34
CAPITULO II	
2. DIAGNOSTICO SECTORIAL	41
2.1 DEFINICION DE LAS INDUSTRIAS	41
2.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INDUSTRIAS ESTUDIO	43
2.2.1 COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA	43
2.2.2 ZN'S INVERSIONES SUAREZ Y RIOS	77
CAPITULO III	
3. BUENAS PRACTICAS	108
3.1 INDICADORES ECOLOGICOS	108
3.1.1 ANALISIS DE COSTOS PARA LA IMPLEMENTACION DE TECNOLOGIA AMB.....	109
3.1.2 DESARROLLO DE LA VALORACION DE RESIDUOS	110
3.1.3 EFICIENCIA EN EL USO DE RECURSOS	111
3.1.4 EFICIENCIA EN EL DESARROLLO DE PROGRAMAS AMBIENTALES	113
3.2 EVALUACIÓN DE INDICES	114
3.3 ANALISIS DE LOS INDICADORES	117
3.4 PLAN DEACCION	119
3.4.1 EFICIENCIA EN EL USO DE RECURSOS	121
3.4.2 EFICIENCIA EN EL USO DE RECURSOS	125
3.4.3 EFICIENCIA EN EL USO DE RECURSOS	128
3.4.4 DESARROLLO DE LA VALORACIÓN DE RESIDUOS	132
3.4.5 SITUACIÓN PROPUESTA	136
4 CONCLUSIONES.....	136
5 RECOMENDACIONES.....	139
6 BIBLIOGRAFÍA.....	140

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Cumplimiento de la normatividad de vertimientos	27
Tabla 2. Microempresas pertenecientes al sector de anodizado y zincado	41
Tabla 3. Selección de empresas a analizar con base en los criterios de selección y a la estructura del sector de recubrimientos electrolíticos.	42
Tabla 4. Datos generales de la industria Colombiana de Aluminios Ltda.	43
Tabla 5. Características de las tinas	46
Tabla 6. Equipos para acabado metalmecánico	48
Tabla 7. Características del compresor	49
Tabla 8. Características del rectificador	49
Tabla 9. Características de los sopletes	49
Tabla 10. Venta de productos para el año 2002	50
Tabla 11. Valor de pieza procesada de acuerdo al tipo de acabado	50
Tabla 12. Producción mensual para el año 2002 teniendo en cuenta el tipo de acabado y la línea de Color	51
Tabla 13. Características de las operaciones unitarias en el proceso de anodizado	52
Tabla 14. Resultados de laboratorio de aluminato libre y ácido sulfúrico en la tina de Anodizado	53
Tabla 15. Entradas en cada una de las operaciones unitarias	54
Tabla 16. Salidas en cada una de las operaciones unitarias	54
Tabla 17. Consumo diario de materias primas del proceso	58
Tabla 18. Consumo de otras materias primas	59
Tabla 19. Consumo de agua industrial durante el año 2002	59
Tabla 20. Frecuencia de trabajo en el mes	60
Tabla 21. Producción diaria para el año 2002	61
Tabla 22. Peso de las piezas a la entrada y salidas del proceso de anodizado	61
Tabla 23. Peso inicial de las piezas en el proceso según la producción	62
Tabla 24. Diferencia de pesos en el decapado	63
Tabla 25. Gramos de grasa y óxido según el acabado y la línea de color	63
Tabla 26. Producción que entra en las operaciones siguientes del decapado.	63
Tabla 27. Adsorción de la pieza teniendo en cuenta el acabado y la línea de color	64
Tabla 28. Producción que entra por operación unitaria teniendo en cuenta la línea de color y el tipo de acabado	65
Tabla 29. Volumen de materia prima por operación unitaria	65
Tabla 30. Entrada de sustancia química por operación unitaria	66
Tabla 31. Entrada de agua por operación unitaria	67
Tabla 32. Densidad establecida a partir de los grados Baumé	69
Tabla 33. Tasa de evaporación específica	69
Tabla 34. Análisis de arrastre y evaporación en cada una de las tinas	70
Tabla 35. Procesos adoptados por la planta para reutilización o reciclaje de residuos	71
Tabla 36. Salidas por operación unitaria en cada una de las tinas	73
Tabla 37. Gasto mensual del consumo de materias primas en el proceso	74
Tabla 38. Gasto mensual del consumo de servicios públicos en la industria	74
Tabla 39. Otros gastos mensuales	74
Tabla 40. Gasto mensual total en la industria	74
Tabla 41. Parámetros medidos In situ para las muestras puntuales	75

Tabla 42. Análisis de laboratorio para la descarga D1	75
Tabla 43. Datos generales de la industria Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.	77
Tabla 44. Características de las tinajas	79
Tabla 45. Características de las resistencias	80
Tabla 46. Características de los rectificadores	81
Tabla 47. Características de las centrifugas	81
Tabla 48. Características de los motores	81
Tabla 49. Producción mensual para el año 2002	82
Tabla 50. Características de las operaciones unitarias en el proceso de zincado	82
Tabla 51. Resultados de laboratorio de la determinación de zinc libre en la tina de Zincado	83
Tabla 52. Entradas en cada una de las operaciones unitarias	84
Tabla 53. Salidas en cada una de las operaciones unitarias	84
Tabla 54. Consumo diario de materias primas del proceso	87
Tabla 55. Consumo de agua potable durante el año 2002	87
Tabla 56. Peso de las piezas a la entrada y salidas del proceso de zincado	89
Tabla 57. Porcentaje y volumen de materia prima por tina	91
Tabla 58. Entrada diaria de sustancia química por operación unitaria	94
Tabla 59. Entrada de agua por tina	96
Tabla 60. Densidad establecida a partir de los grados Baumé	98
Tabla 61. Análisis de arrastre y evaporación en cada una de las tinajas	99
Tabla 62. Cuantificación de las entradas y salidas del proceso de neutralización	101
Tabla 63. Salidas por operación unitaria en cada una de las tinajas	102
Tabla 64. Gasto mensual del consumo de materias primas en el proceso	104
Tabla 65. Gasto mensual del consumo de servicios públicos en la industria	104
Tabla 66. Otros gastos mensuales	105
Tabla 67. Gasto mensual total en la industria	105
Tabla 68. Parámetros medidos In situ para las muestras puntuales	105
Tabla 69. Análisis de laboratorio para la descarga D1	106
Tabla 70. Análisis de laboratorio para la descarga D2	106
Tabla 71. Análisis de laboratorio para la descarga D3	106
Tabla 72. Correlación de indicadores	108
Tabla 73. Calificación de índices de acuerdo al indicador	114
Tabla 74. Evaluación de índices	115
Tabla 75. Calificación de las industrias de acuerdo al indicador de Eco – Eficiencia	118
Tabla 76. Priorización de los indicadores parciales en cada una de las industrias Estudio	119
Tabla 77. Medidas a adoptar de acuerdo a los índices de baja eficiencia para las Industrias Estudio	120
Tabla 78. Concentración mínima para diferentes baños	122
Tabla 79. Análisis en la adopción de nuevos procesos y cambios estructurales para la prolongación de los baños Colombiana de Aluminios Ltda.	122
Tabla 80. Análisis en la adopción de cambios estructurales para la prolongación de los Baños Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.	123
Tabla 81. Análisis del cambio estructural para la minimización de arrastre Colombiana de Aluminios Ltda.	127
Tabla 82. Análisis del cambio estructural para la minimización de arrastre Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.	127
Tabla 83. Análisis de la técnica de lavado para la minimización de consumo	130
Tabla 84. Etapa de lavado estático para cada operación unitaria	130
Tabla 85. Análisis de inversión en la adopción de las tinajas de lavado Colombiana de Aluminios Ltda.	130
Tabla 86. Análisis de inversión en la adopción de las tinajas de lavado Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.	131
Tabla 87. Sustitución de zincado cianurado	132
Tabla 88. Análisis para la minimización de residuos Zn's Inversiones Suárez y Ríos	132

Tabla 89. Recuperación de materia prima de acuerdo al número de tinas

137

Tabla 89. Descripción de los criterios a capacitar (Ficha de manejo 1)

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Principio de la deposición electrolítica	29
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso en talleres de pulido y brillo	31
Figura 3. Tambor horizontal	36
Figura 4. Proceso de Anodizado para la Industria Colombiana de Aluminios Ltda.	54
Figura 5. Operaciones unitarias para el proceso blanco mate	55
Figura 6. Operaciones unitarias para el proceso blanco brillante	55
Figura 7. Operaciones unitarias para el proceso blanco químico	56
Figura 8. Operaciones unitarias para el proceso dorado mate	56
Figura 9. Operaciones unitarias para el proceso dorado brillante	57
Figura 10. Operaciones unitarias para el proceso dorado químico	57
Figura 11. Consumo de agua industrial para el año 2002 Colombiana de Aluminios	60
Figura 12. Diagrama de la situación actual (agua) Colombiana de Aluminios Ltda.	
Figura 13. Diagrama de la situación actual (materia prima) Colombiana de Aluminios	
Figura 14. Diagrama de flujo de las operaciones unitarias del proceso de zincado	85
Figura 15. Consumo de agua potable para el año 2002 Zn's Inversiones Suárez y Ríos	87
Figura 16. Diagrama de la situación actual (agua) Zn's Inversiones Suárez y Ríos	
Figura 17. Diagrama de la situación actual (materia prima) Zn's Inversiones Suárez	
Figura 18. Calificación de los indicadores en la industria Colombiana de Aluminios.	118
Figura 19. Calificación de los indicadores en la industria Zn's Inversiones Suárez	118
Figura 20. Diagrama de la situación propuesta (agua) Colombiana de Aluminios Ltda.	
Figura 21. Diagrama de la situación propuesta (materia prima) Colombiana de Aluminios.	
Figura 22. Diagrama de la situación propuesta (agua) Zn's Inversiones Suárez y Ríos.	
Figura 23. Diagrama de la situación propuesta (materia prima) Zn's Inversiones Suárez.	

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Convenio marco de concertación para una producción más limpia y competitiva entre el subsector de la galvanotecnia y el Departamento técnico Administrativo del Medio Ambiente – DAMA-

Anexo B. Asignación de los niveles modelo de encuesta para la calificación de índices teniendo en cuenta la asignación de los niveles codificados en colores.

Anexo C. Plano Colombiana de Aluminios Ltda.

Anexo D. Cortes plano Colombiana de Aluminios Ltda.

Anexo E. Fotos Colombiana de Aluminios Ltda.

Anexo F. Estudio de tiempos y movimientos Colombiana de Aluminios Ltda.

Anexo G. Montaje de laboratorio, determinación de grasa y oxido

Anexo H. Entrada de sustancia química por operación unitaria según la línea de color y el tipo de acabado.

Anexo I. Entrada de agua por operación unitaria teniendo en cuenta el acabado y la línea de color.

Anexo J. Análisis de arrastre y evaporación en cada una de las tinas para blanco mate, blanco brillante, blanco químico, dorado mate, dorado brillante y dorado químico.

Anexo K. Salidas por operación unitaria para blanco mate, blanco brillante, blanco químico, dorado mate, dorado brillante y dorado químico.

Anexo L. Plano Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

Anexo M. Cortes plano Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

Anexo N. Fotos Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

Anexo Ñ. Estudio de tiempos y movimientos Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

Anexo O. Propuesta. Determinación de evaporación y arrastre Colombiana de Aluminios Ltda. Y Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

Anexo P. Propuesta. Determinación de entrada de agua y materia prima para las industrias Colombiana de Aluminios Ltda.y Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

Anexo Q. Propuesta de minimización de residuos para las industrias Colombiana de Aluminios Ltda.y Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

Anexo R. Gasto mensual en las industrias colombiana de Aluminios y Zn's Inversiones Suarez y Ríos Ltda..

GLOSARIO

ABRILLANTADOR: agente de adición que se añade para producir depósitos brillantes.

ACABADO: operación de fin de tratamiento destinado a conferir un aspecto particular (p. ej. Pasivados, color)

ÁCIDO CLORHÍDRICO: gas incoloro claro o líquido amarillento. Su concentración máxima permisible en el aire es de 5 ppm. Su toxicidad varía según la forma de adsorción: por inhalación causa rinitis, perforación del tabique nasal, erosión dental, laringitis, bronquitis, neumonía, dolor de cabeza y palpitaciones. Por ingestión ocasiona quemaduras en la boca, faringe, esófago y estomago, salivación, náuseas, vómito y perforación del tracto intestinal, escalofríos, fiebre, ansiedad y shock.

ÁCIDO FOSFÓRICO: se encuentra en forma sólida, como cristales claros o en forma líquida. Su concentración máxima permisible en el aire es de 1 mg/m³. Es irritante; cuando se calienta hasta la descomposición produce humos de óxido fosforoso. Produce conjuntivitis, quemaduras en la piel e irritación del tracto intestinal.

ÁCIDO NÍTRICO: líquido, corrosivo sofocante, de incoloro a amarillento. Su concentración máxima permisible en el aire es de 10 ppm. Causa conjuntivitis y ulceración corneal, coloración amarilla de la piel y graves quemaduras, tos, dolor en el pecho, bronquitis y bronconeumonía.

ÁCIDO SULFÚRICO: líquido aceitoso, corrosivo y pesado. Su concentración máxima permisible en el aire es de 1 mg/m³. Causa conjuntivitis, dermatitis, quemaduras en la piel y ulceración. Por inhalación ocasiona irritación de nariz y garganta, bronquitis, neumonitis y edema pulmonar.

ACTIVACIÓN: tratamiento destinado a destruir una pasivación superficial. Podemos activar la superficie tanto con un ácido diluido como con un compuesto alcalino.

ADHESIÓN: fuerza de atracción que existe entre el electrodepósito y su sustrato.

AERÓMETRO: instrumento que sirve para medir la densidad de los líquidos.

AGENTES HUMECTANTES: son sustancias que se utilizan para humedecer la superficie de la pieza. Estos agentes cumplen usualmente tal función reduciendo la tensión superficial de los líquidos en los que se colocan. Al mismo tiempo, muchos de ellos tienen una definida acción detergente, es decir, quitan la grasa y la suciedad de la superficie. Son usados como ya se mencionó en los limpiadores para ayudar en el proceso de limpieza, también en el decapado, para asegurar que el ácido quede en estrecho contacto con la superficie a tratar, y por último se les usa en las soluciones galvánicas para facilitar la remoción de burbujas formadas por el cátodo y reducir las pérdidas por goteo de las piezas. Usualmente son hidrocarburos de cadena larga con un compuesto en uno de los extremos, que pueden ser sulfatos o sulfonatos.

AMPERIO (A): unidad de intensidad de corriente.

ANODIZADO: proceso electrolítico que se aplica al aluminio y a sus aleaciones para producir una película de óxido adherido que le imparte resistencia a la corrosión o endurecimiento de la superficie.

ÁNODO: es el electrodo a través del cual entra la corriente; en la electrólisis es el terminal positivo.

ARRASTRE: líquido adherido a la superficie de las piezas procedentes de los baños o lavados anteriores.

BAÑO ELECTROLITICO: término galvanostégico para hacer referencia al electrolítico. Ejemplo: baño de Zinc, Anodizado, etc.

BASTIDOR: tina en el que se realizan los procesos electrolíticos. Contiene el electrolito.

BRILLO: proceso que produce un electrodeposición que tiene un alto grado de reflectividad.

CABALLO DE POTENCIA (HP): unidad de potencia del sistema inglés. El caballo de potencia es igual a 33000 pies-libra por minuto o 746 vatios aprox.

CADMIO: toxicidad compleja, basada en las múltiples posibilidades que tiene para formar macromoléculas, reemplazando otros metales que desempeñan un papel importante en la actividad enzimática.

CARGA: es el producto de la concentración promedio por el caudal promedio determinados en el mismo sitio o la cantidad de residuos líquidos generados; se expresa en Kg/d.

CÁTODO: es el electrodo por el cual sale la corriente; en electrólisis corresponde al terminal negativo.

CAUDAL (Q): volumen de líquido descargado en un tiempo determinado. Se expresa en L/s o en m³/s.

CIANURO: concentración de radical cianuro (CN) ó cianuro alcalino no combinado (CNN). Es tóxico, bloquea procesos oxidantes permitiendo la acumulación de productos anaeróbios. En concentraciones mayores de 0.005 mg/L al ser inhalado puede producir ahogo, vértigo e incremento del pulso hasta la muerte.

COLOR POR ANODIZADO: este proceso solo se usa para el aluminio y sus aleaciones donde se usan tintas para darle color a la película anódica. El proceso anódico produce una película porosa que cuando está fresca absorbe tintas. La anodización se lleva a cabo usando el proceso de ácido sulfúrico. Al terminar la anodización las piezas se llevan a enjuague estático en agua fría y se ponen en una solución de tinta. Luego de teñirse, las piezas se enjuagan de nuevo en agua fría y se sumergen en agua caliente a una temperatura de 60-70°C. El calor sella la película y la superficie queda coloreada permanentemente.

CONCENTRACIÓN: de una sustancia, elemento o compuesto en el líquido es la relación existente entre su peso y el volumen de líquido o sólido que lo contiene.

CORROSIÓN: gradual destrucción de un material por solución, oxidación u otros procesos químicos

CRITERIO DE CALIDAD DE LAVADO (CL): dilución de la última etapa de lavado respecto al baño. Es el cociente entre la concentración en el baño y aquella en el último lavado previo a la siguiente operación.

CROMO: en el agua puede estar presente en dos estados, el trivalente y hexavalente, aunque usualmente se encuentra en la naturaleza en estado trivalente. Se ha encontrado que la forma hexavalente es la más tóxica para la vida acuática y que su toxicidad varía con el pH.

DBO: es la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días. Medición indirecta de carga orgánica, expresada en mg/L.

DECAPADO: solución ácida usada para remover óxidos u otras sustancias de las superficies metálicas por acción química o electroquímica.

DESARROLLO SOSTENIBLE: el desarrollo que confluye las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de encontrar sus propias necesidades. La creación de bienestar sin destruir el mundo de las futuras generaciones.

DESENGRASANTE: solución fuertemente alcalina es usado como desengrasante en superficies metálicas como son: hierro, acero, piezas de cobre y láminas galvanizadas, no debe usarse en piezas de aluminio porque ataca este metal.

DESENGRASE: proceso mediante el cual se remueven grasas y aceites de una superficie, generalmente usa solventes clorados. En su forma de uso más común, se calienta un solvente líquido en un recipiente con tapa abierta hasta su evaporación.

DETERGENTE: agente de actividad superficial que tiene la capacidad de limpiar superficies. Los detergentes pueden ser aniónicos, catiónicos o no iónicos.

DILUIR: añadir un líquido a una solución para disminuir su concentración.

DQO: es la Demanda Química de Oxígeno. Medición indirecta de carga orgánica por medios químicos, expresada en mg/L.

ECO-EFICIENCIA: es el término usado para describir la distribución de bienes y servicios a precios competitivos, que satisfacen las necesidades humanas y brindan una calidad de vida, mientras que se reducen progresivamente los impactos ecológicos y el uso intensivo de recursos a través de su ciclo de vida, a un nivel que esté al menos en línea con la capacidad de carga de la tierra.

ECO-INDICADORES: es un sistema de medición, el cual muestra: como está la industria con respecto al medio ambiente y los recursos naturales, determinando los impactos que se estén generando; las buenas prácticas en su desempeño ambiental; costo-beneficio en la protección al medio ambiente; cumplimiento de la normatividad; participación en mercados nuevos; correcta utilización de materias primas; cálculo de gastos para inversión y capacidad competitiva.

EFICIENCIA ENERGÉTICA: la proporción entre el consumo de energía y una cantidad dada; usualmente se refiere a la cantidad de energía primaria o final consumida por unidad de ingreso doméstico o producto nacional.

ELECTRODEPOSICIÓN: recubrimiento de un material con otro mediante un proceso electrolítico.

ELECTRODO: es el conductor a través del cual entra o sale corriente en una celda electrolítica.

ELECTRÓLISIS: proceso que involucra una descomposición por medio de electricidad.

ELECTROLÍTICO: proceso efectuado por electrólisis.

EMULSIÓN: es una suspensión de pequeñas gotas de una sustancia en otra en la cual es insoluble.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL: un proceso de evaluación y decisión que trata de determinar los impactos de las políticas, programas o proyectos en medioambiente, para que exista una oportunidad de las partes interesadas de decidir dónde son aceptables los impactos. La identificación de problemas potenciales, el balance de costos y beneficios, la reducción de impactos no aceptables, y la inclusión de items interdisciplinarios dentro de las decisiones medioambientales, son algunos de los objetivos de esta evaluación

FINAL DEL TUBO: la práctica de tratar las sustancias contaminantes al final de los procesos productivos, cuando todos los productos y desechos se han hecho y liberado (por medio de un efluente, chimenea u otro medio); usualmente es un adjetivo que se utiliza para referirse a estrategias de control ambiental.

FLOCULANTE: agente químico agregado en pequeñas cantidades que permite la aglomeración de partículas para que puedan precipitar.

FLUXOMETRO: aparato diseñado para determinar el nivel de iluminación en un recinto, y así identificar si es favorable para los habitantes del lugar.

GALVANIZADO: aplicación de un depósito de zinc sobre acero o un metal ferroso; producido por inmersión.

HIDRÓXIDO DE SODIO: polvo corrosivo blanco. Su concentración máxima permisible en el aire es de $2\text{mg}/\text{m}^3$. Causa conjuntivitis y quemaduras corneales, quemaduras profundas en la piel, irritación del tracto respiratorio y neumonitis.

KILOWATIO (KW): unidad de potencial igual a 1000 vatios.

LODO: es la suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS: el control riguroso de la disposición de residuos sólidos. Es alcanzado mediante el control de la producción de residuos, el almacenamiento, el transporte y la disposición (incluyendo la separación, la recuperación y el reciclaje)

MEDIDAS DE CONTROL: son las actividades que controlan los impactos y/o efectos ambientales y garantizan el cumplimiento ambiental.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN: son las actividades que tienden a minimizar los impactos y/o efectos generados por el desarrollo del proceso.

MEDIDAS PREVENTIVAS: son las actividades que pueden evitar la generación de un impacto y minimizar sus efectos.

MICRO EMPRESAS: unidades económicas con no más de 10 empleados y cuyos activos totales no exceden a los quinientos uno (501) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS: la eliminación o reducción, hasta que sea factible, de un residuo que es generado, y que de otra manera puede ser tratado, almacenado o dispuesto. Esto incluye cualquier fuente de reducción o actividad de reciclaje hecha por el generador, la cual puede resultar en 1) la reducción del volumen total o cantidad del residuo, o 2) la reducción de la toxicidad de los residuos, o ambos; hasta que la reducción sea consistente con la meta de minimizar la amenaza presente y futura de la salud humana y el medioambiente. También puede ser llamado como Reducción de Residuos.

MODIFICACIÓN DE PROCESOS: la alteración de procesos representa el componente más prominente del programa de Producción Más Limpia. La Modificación de Procesos es cualquier cambio en el proceso de producción que reduce la generación de basura, y que oscila desde una simple alteración de las condiciones del proceso (como temperatura o presión), hasta el descubrimiento de nuevas formas químicas y tecnologías ambientales. Un producto puede ser ocasionalmente manufacturado por dos o más procesos diferentes, y la modificación técnica de los equipos es otra forma de reducir la generación de basura. Algunas veces es usado el término Modificación Tecnológica.

O.D: es el Oxígeno Disuelto. Cantidad de oxígeno disuelto en las aguas expresado en mg/L.

OSMOSIS INVERSA: técnica utilizada para recuperar químicos de enchapado del agua de enjuague y para purificar las agua residuales. El método requiere hacer pasar por una membrana

semipermeable, bajo presión de entre 200 y 1200 libras por pulgada cuadrada (psi) aguas con gran contenido de metal. La membrana es impermeable para la mayoría de los sólidos disueltos.

PASIVACIÓN: limpieza del hierro o acero inoxidable con ácido nítrico para remover carbón y otras impurezas.

PASIVADO: es un producto cuya solución es adquirida directamente por el proveedor con características específicas de fábrica, viene listo para diluir en ácido nítrico de acuerdo a las características de solución en el proceso. Es un producto de alta calidad que produce una capa protectora de color amarillo, azul o verde oliva sobre piezas zincadas y cadmiadas electrolíticamente. Los pasivadores protegen de la corrosión atmosférica y es una buena base para laca y pintura.

pH: es el potencial de ión hidroxilo, H^+ . Medida de acidez o basicidad de las sustancias.

PYME: la pequeña y mediana Empresa. Son organizaciones cuyo número de empleados oscila entre 50 y 250 y muchas veces se podrán encontrar empresas con números inferiores de empleados. Ellas generalmente sobreviven en un mercado competitivo de alta calidad de productos y/o servicios, de tal manera que sus utilidades no llegan a ser superiores de un determinado margen.

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA: la continua aplicación de una estrategia ambiental integrada y preventiva en procesos, productos y servicios, para incrementar la eco eficiencia y reducir riesgos a personas y al ambiente.

PULIDO: término general que cubre el proceso produciendo una superficie brillante por medios mecánicos o químicos. El pulido mecánico emplea un disco de alta velocidad fabricado en capas de tela, cuero o plástico, el pulido químico se refiere a un proceso que se lleva a cabo en aleaciones de acero con un contenido de carbón bajo, de acero inoxidable y aluminio, las soluciones se usan para atacar las superficies de estos metales con difícil acceso, afectando preferencialmente a las superficies cóncavas, el resultado es un suavizado general de la superficie.

RECUBRIMIENTOS ELECTROLÍTICOS: la producción de un depósito metálico, aleación o compuesto por medio de la electrólisis.

RECUPERACIÓN DE RECURSOS: el proceso de obtención de materia o energía de material desechado con anterioridad

RECURSOS RENOVABLES: recursos como los cultivos, árboles, aire o agua, que si son manejados adecuadamente, serán auto-reemplazados naturalmente o que pueden ser regenerados con la intervención del hombre

REDUCCIÓN EN LA FUENTE: una estrategia de reducción de la polución que involucra la prevención de la generación de residuos en su sitio de origen, antes que limpiarlo, tratarlo y/o reciclarlo después de ser producido. También Producción más Limpia, Prevención de la Polución.

SECADO: eliminación de la humedad de un metal haciéndolo pasar por un baño de agua caliente o por la centrifuga

SELLADO: término que se refiere a cualquier proceso que involucre un tratamiento subsiguiente capaz de afectar al proceso previo para aumentar su protección contra la corrosión.

SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL: una parte de todo el sistema gerencial que incluye una estructura organizacional, actividades de planeación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implementar, alcanzar, revisar y mantener una política ambiental.

SÓLIDOS FILTRABLES: es el material que pasa a través del filtro de fibra de vidrio con tamaño promedio de poro de una micra. Sobre este tipo de sólidos no hay restricción.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS: es el material retenido en el filtro, cuando la muestra de agua se hace pasar con ayuda de vacío, sobre un filtro de fibra de vidrio con tamaño promedio de poro de una micra. Desde 1998, el límite máximo para los sólidos en las descargas al alcantarillado es de 800 mg/l.

TAMBOR: aparatos en los cuales se introducen en masa las piezas a tratar y se someten a rotación.

TÉCNICA DE LAVADO: modo de enjuagar a partir de las diferentes posiciones de lavado existentes.

TINA: recipiente en el que se realizan las operaciones de limpieza con soluciones alcalinas y enjuagues.

VOLTIO: unidad de diferencia de potencial de uso común. Diferencia de potencial que produce una corriente cuya intensidad sea de un amperio internacional sobre un conductor que tenga la resistencia de un ohmio

VERTIMIENTO LÍQUIDO: es cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o al alcantarillado.

ZINC: es un micro nutriente necesario para los seres vivos, el cual tiene efectos sinérgicos con el arsénico, el plomo, el cadmio y el antimonio. Este se pierde a lo largo de las cadenas alimenticias. La inhalación produce la fiebre de zinc, la cual se manifiesta mediante escalofríos, fiebre y náuseas. También produce disminución de pH sanguíneo y retraso del crecimiento.

INTRODUCCIÓN

El sector de recubrimientos electrolíticos posee cerca de 400 industrias ubicadas en el distrito capital, trabajando diferentes procesos galvánicos que generan un gran impacto al medio ambiente¹. Entre estos procesos se encuentran el anodizado y zincado objeto del presente estudio; ya que, el sector de anodizado maneja costos por debajo del 50%² en el consumo de materias primas, debido a que los costos en el mercado de los insumos son los más bajos, además ocupa un renglón importante por sus volúmenes en producción siendo la industria más rentable en el sector, por otra parte el proceso de zincado ocupa un alto porcentaje (el 45%) dentro de las industrias galvánicas por su facilidad en el proceso catalogándolo como la industria de más auge en la actualidad.

Su alta significancia ambiental³, fue el marco de referencia para el presente proyecto, donde se plantearon directrices de trabajo que permitieron a las empresas, desarrollar su propio concepto y optimización ambiental para tomar decisiones tras una evaluación eficiente del proceso.

Este proyecto está organizado en tres capítulos. En el primer capítulo se presenta una descripción de los distintos recubrimientos galvánicos, características, modo de operación y técnicas de optimización.

El capítulo dos define las industrias de anodizado y zincado donde se realizó el diagnóstico actual, por medio de la descripción de las operaciones y procesos unitarios, consumo de materias primas y el desarrollo del balance de materia prima y agua a partir del estudio de tiempos y movimientos.

En el último capítulo se elaboraron los eco-indicadores a partir del estudio de indicadores propuestos por el Ministerio del Medio Ambiente, para posteriormente **evaluar y** seleccionar las alternativas de minimización, de acuerdo al resultado de estos en las industrias estudio, y al análisis técnico, económico y ambiental. Además, se elaboraron fichas técnicas que por su facilidad de implantación han sido exentas de estudio para ser acogidas por las industrias estudiadas.

¹ Volúmenes de vertimientos con presencia de contaminantes cianurados entre 90-180Kg/mes y elementos metálicos de 380-750 Kg/mes, basados sobre los resultados del análisis general de la industria de galvanotécnica y un total de 3000m³ efluentes al mes. Prácticas Sectoriales, Sector galvanotécnica. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Pág. 122.

² Porcentajes con relación al costo de las materias primas, Anodizado de color (40%) y simple (28%). Ibit. Pág. 127.

³ DAMA; ACERCAR. Planes de acción para mejoramiento ambiental, Manual para empresarios de la PYME galvanotécnica : Tercer Mundo Editores. 1997. p. 25.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Plantear alternativas de reducción en el consumo de materia prima y producción de residuos, por medio de eco indicadores en las industrias seleccionadas del sector de galvanostegia en los procesos de anodizado y zincado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las industrias del sector de galvanostegia en los procesos de anodizado y zincado donde se desarrollará el proyecto.
- Describir los procesos de producción de las empresas definidas en el proceso de anodizado y zincado.
- Realizar el balance de materia prima y agua por medio de un análisis de tiempos y movimientos en cada una de las industrias.
- Elaborar indicadores de eco-eficiencia aplicados al sector de Galvanostegia a partir del estudio de indicadores propuestos por el Ministerio del Medio Ambiente.
- Plantear alternativas de minimización que permitan la adopción de políticas de producción más limpia, a través de los resultados obtenidos en el desarrollo de los indicadores de eco-eficiencia.

1 GENERALIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO

En este capítulo se van a describir de forma general todos los aspectos relacionados con el sector galvanotécnico y se va a poner especial énfasis en las medidas de minimización y de recuperación propuestas, ya que la optimización medioambiental de los procesos de recubrimientos electrolíticos no puede abordarse sin realizar previamente una reflexión sobre el estado y las condiciones marco en las que se desenvuelven la mayoría de las empresas en Colombia.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo industrial de las PYMES en Colombia trae consigo problemas ambientales difíciles de solucionar, ya que para la gran mayoría de los empresarios el tema del medio ambiente es algo novedoso pero no se encuentra dentro de las prioridades de gestión ambiental⁴. Los efectos de contaminación son múltiples y afectan la calidad de vida reduciendo las posibilidades de progreso colectivo. Concretamente, el sector de galvanostegia se caracteriza por:

- En la mayoría de casos, no se diseñan estrategias de mejoramiento ambiental o herramientas de producción más limpia debido a que estas son vistas como un incremento en los costos de producción; y si los hacen, corresponden casi exclusivamente a una imposición de la comunidad o de las autoridades competentes.
- Predomina prácticamente la producción artesanal por la facilidad en el desarrollo de sus procesos. Las incorporaciones tecnológicas que se observan son realizadas en su mayoría por personal de la industria, entre estas tecnologías se encuentran: Equipos para movilizar las piezas, diseño y material de construcción de las tinas y el uso de los rectificadores para el manejo de la corriente eléctrica.
- Uso irracional de materias primas en los diferentes baños de los procesos de zincado y anodizado con un alto grado de metales pesados y sustancias peligrosas que generan grandes impactos sobre el medio. Entre estos se encuentran: cianuro, cromo, cadmio, níquel, aluminio, cobre, hierro, estaño y zinc.

⁴ MEDINA, Y; URIBE, E. La pequeña y mediana industria y su relación con las regulaciones y las instituciones ambientales en Colombia : Récord Editores, 1995, p.52.

- El procesar grandes cantidades de producto para suplir el bajo costo que demanda el procesamiento de la pieza, genera gran afectación al medio ambiente a pesar de desarrollarse de manera sencilla.
- Como resultado de los procesos de galvanostegia, se presentan diferentes impactos ambientales tales como: efluentes líquidos, residuos sólidos y emisiones atmosféricas. Dentro de los efluentes líquidos se encuentran los vertimientos que pueden presentar características ácidas o básicas dependiendo del proceso, con alto contenido de sólidos en suspensión, sustancias tóxicas disueltas y grasas. Los principales compuestos disueltos en los baños son: cromo hexavalente, estaño bivalente, iones de paladio, cobre, níquel, plata, cianuro, sodio y potasio. Los residuos sólidos que se presentan son en su mayoría lodos con alto contenido metálico aluminato sódico, óxidos y cloruro férrico. Otros residuos son: polvo, partículas metálicas, recortes de metal, alambres de amarre, cartón y sunchos de empaque.

1.2 ANTECEDENTES

Debido a los problemas presentados anteriormente, especialmente en términos de toxicidad del sector, diferentes organismos multilaterales, entidades de cooperación técnica internacional y empresas de consultoría ambiental, han planteado soluciones disponibles para mejorar su desempeño ambiental. En esta dirección, organismos como el Ministerio del Medio Ambiente, DAMA, ACODAL y ACERCAR han desarrollado en las PYMES programas para controlar la contaminación industrial dentro del distrito capital, por medio de capacitaciones, convenios⁵(ver anexo A) y asistencias técnicas basadas en instrumentos de comando y control de la contaminación como: la implementación de la normatividad ambiental, el cobro de tasas de contaminación e instrumentos de fomento de la implementación de tecnologías más limpias, debido a que varias experiencias⁶ muestran que el problema de la contaminación industrial en este sector es un problema de gestión y acompañamiento.

1.3 LEGISLACIÓN AMBIENTAL DE APLICACIÓN A LOS PROCESOS DE RECUBRIMIENTOS

A continuación se describen los aspectos más relevantes de las normas vigentes. Este ítem se va a dividir en varios apartados, en función de la problemática y de la legislación que lo regula. Estos apartados son:

⁵ DAMA. Convenio Marco de Concertación para una Producción más Limpia y Competitividad entre el Subsector de la Galvanotécnica y el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente.

- *Aguas.* Donde se abordaran las implicaciones de la normativa, tanto desde el punto de vista de consumo como de vertimientos. Todo ello basado en el Decreto 1594/84 del Ministerio de Salud y las Resoluciones 1074/97 y 339 de 1999 del DAMA
- *Residuos Sólidos.* Se determinan las implicaciones derivadas por la generación de residuos sólidos y peligrosos, basándose en la Resolución 02309 de febrero 24 de 1986 del Ministerio de Salud y el Decreto 1713 del 2002, donde se contempla el aprovechamiento de estos.

1.3.1 Normatividad - Aguas.

Los parámetros normativos para verificar el incumplimiento de los vertimientos en el sector galvanostégico, se describen en la siguiente tabla, donde se hace una comparación del Decreto 1594/84 del Ministerio de Salud y la Resolución 1074/97 del DAMA.

Tabla 1. Cumplimiento de la normatividad de vertimientos

Parámetros	Valor norma Resolución 1074/97	Valor norma Decreto 1594/84
pH (unidades)	5-9	5-9
Temperatura (°C)	<30	<40
DBO (mg/L)	1000	-
DQO (mg/L)	2000	-
SST (mg/L)	800	<500
SS (mg/L)	2	<10
Aceites y grasas (mg/L)	100	<100
Cromo Hexavalente (mg/L)	0.5	0.5
Zn (mg/L)	5	-
Cd (mg/L)	0.003	0.1
Ni (mg/L)	0.2	2
Cu (mg/L)	0.25	3
Pb (mg/L)	0.1	0.5
CN (mg/L)	1	1
Tensoactivos(mg/L)	20 ⁷	-
Fenoles (mg/L)	0.2	-
Ag (mg/L)	0.5	0.5
Sulfuro de carbono (mg/L)	-	1.0

Fuente: Resolución 1074/97 – Decreto 1594/84

⁶ VAN B, Hoof. (2001) "Aplicación de sistemas de autogestión ambiental en las pequeñas y medianas empresas (PYMEs); una propuesta basado en experiencias internacionales y nacionales", conferencia seminario internacional sobre autogestión empresarial. Bogotá, Universidad de los Andes, Julio 2001.

⁷ Resolución 1596/01

Como se observa en la tabla 1, el Decreto 1594/84 es más laxo en los parámetros de vertimientos, por tal razón al realizarse un tratamiento de las aguas residuales, deben cumplir con la normatividad establecida en la resolución 1074/97.

En el capítulo 3, se observa, como los análisis de laboratorio y la confrontación con la norma, sirvieron de herramienta para evaluar los indicadores correspondientes a residuo líquido.

1.3.2 Normatividad - Residuos.

Los residuos que se generan en el sector galvanostégico son catalogados según CINSET como de alto impacto ambiental. La Resolución 2309/86 del Ministerio de Salud, presenta una descripción detallada de los residuos especiales incompatibles. El Decreto 1713 del 2002 determina los planes de gestión integral de residuos sólidos y el Decreto 1505 del 2003 modifica parcialmente este decreto. En el desarrollo del proyecto, se analiza la viabilidad del manejo de los residuos sólidos (lodos).

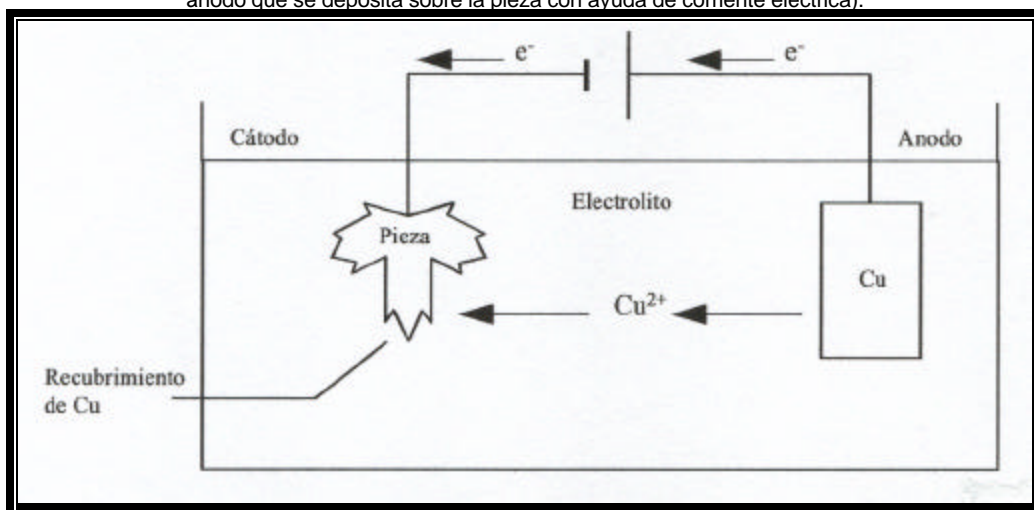
1.4 BASES TÉCNICAS DE LOS PROCESOS DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

Los procesos de recubrimientos electrolíticos o químicos, también denominados galvanotécnica consisten en depositar por vía electroquímica finas capas de metal sobre la superficie de una pieza sumergida en una solución de iones metálicos o electrolito. Para ello se emplean productos químicos relativamente puros, sales y metales, de forma tal que durante la operación se depositan completamente los metales empleados sobre las piezas sin apenas impacto ambiental si se emplean las mejores tecnologías disponibles. En general, los procesos galvánicos tienen como finalidad modificar las propiedades de la superficie de los metales; estos cambios pueden estar asociados a motivos decorativos o funcionales, dentro de los cuales se encuentran:

- Aumento de resistencia a la corrosión.
- Aumento de resistencia al ataque de sustancias químicas.
- Incremento de la resistencia a la fricción y al rayado.
- Mejoramiento de propiedades eléctricas o mecánicas
- Mejoramiento de propiedades ópticas.
- Ofrecer sustrato de anclaje de pinturas.
- Ejercer lubricación.

El principio básico de los procesos de recubrimientos electrolíticos consiste en la conversión del metal del ánodo en iones metálicos que se distribuyen en la solución. Estos iones se depositan en el cátodo (pieza que será recubierta) formando una capa metálica en su superficie (Fig. 1).

Figura 1: Principio de la deposición electrolítica. (Como ejemplo se presenta el proceso del cobreado, donde el cobre es el ánodo que se deposita sobre la pieza con ayuda de corriente eléctrica).



Fuente: Manual de Recubrimientos Electroquímicos.

Los procesos de recubrimientos electrolíticos son reacciones de oxidación-reducción. En primer lugar, y salvo excepciones (cromo) se oxida (o disuelven con carga positiva) el metal del ánodo. Los iones metálicos en solución se reducen o metalizan sobre las piezas a recubrir que, ayudados por una fuente externa de corriente continua, actúan como cátodos.

Los componentes principales de un recubrimiento electrolítico, son:

- Sales, que contiene en disolución el metal cuya deposición se pretende.
- Aditivos para influir sobre las propiedades principales del electrolito.
- Aditivos para influir sobre las propiedades del recubrimiento.

En galvanotécnica se consideran dos tipos de procesos; la **galvanoplastia**⁸ y la **galvanostegia**. El primero se refiere al proceso en que los recubrimientos metálicos se hacen sobre superficies de materiales no conductores; mientras que en el segundo, la galvanostegia, los recubrimientos siempre se realizan sobre materiales conductores.

⁸ Opcit., DAMA – ACERCAR. p. 11

1.4.1 Proceso de galvanostegia

La galvanostegia, como se mencionó, se refiere a los recubrimientos hechos electrolíticamente sobre superficies metálicas.

La galvanostegia puede ser de dos categorías, catódica o anódica, según donde la pieza sea colocada para su tratamiento en el terminal catódico o en el anódico.

En galvanostegia, se encuentran diferentes tipos de talleres de acuerdo a su servicio:

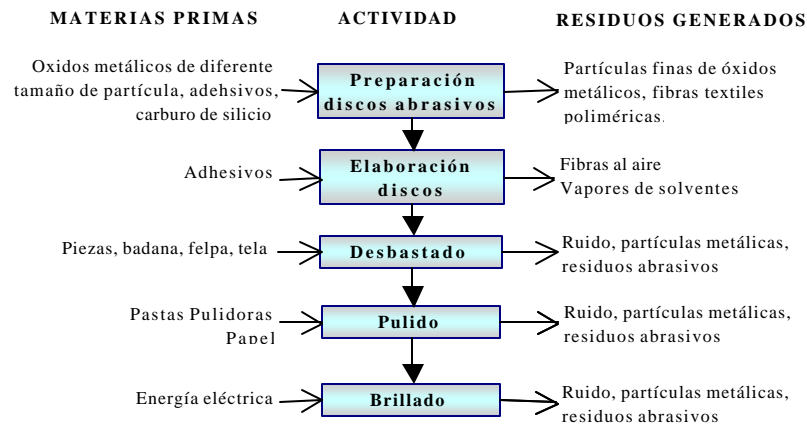
1.4.1.1 Taller de pulido y brillo:

Un taller típico de servicio de pulido y brillo implica las siguientes etapas descritas a continuación y mostradas en la Figura 2.

- *Preparación de discos abrasivos:* En la cual se utilizan óxidos metálicos de diferente tamaño de partícula y adhesivos.
- *Desbastado de la pieza:* En la cual se eliminan las partes rugosas para obtener una superficie más lisa.
- *Pulido y Brillo:* Los talleres de pulido y brillo se encargan de convertir las superficies de las piezas metálicas en brillantes, mediante un tratamiento mecánico, electrolítico y químico. Los diferentes tipos de pulido son:
 - *Pulido y brillo mecánico:* Se realiza en varias etapas, en donde la rugosidad es eliminada paulatinamente por la acción abrasiva de discos elaborados con diferentes materiales. Se utilizan pastas pulidoras para lograr una superficie lisa y uniforme por todo el contorno de la pieza, finalmente se efectúa una limpieza de la pasta utilizando estopa.
 - *Pulido electrolítico:* La superficie pulida y brillada mecánicamente, puede ser sometida a un pulido electrolítico utilizando como ánodo la pieza y como electrolito una mezcla de ácido sulfúrico (40%), ácido fosfórico (40%), glicerina y agua; a 93°C, 0.5 A/dm², durante cinco minutos, Estas proporciones dependen del metal base de la pieza.
 - *Pulido Químico:* Se han desarrollado cierto número de soluciones para producir una superficie brillante sobre cobre, latón y aluminio por inmersión simple, sin usar corriente. La mayor parte de ellas son fórmulas privadas protegidas por patentes. Muchas consisten

de mezclas de ácido fosfórico, nítrico y acético, junto con ácido crómico y agentes humectantes.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de pulido y brillo



Fuente: ACERCAR

1.4.1.2 Talleres de servicio de acabado

Los talleres de servicio de acabado, constan de varios procesos; entre los que encontramos el anodizado y zincado, objeto de nuestro estudio. A continuación se describen las operaciones típicas de los procesos de anodizado y zincado.

1.4.1.2.1 *Proceso de anodizado*⁹

En la actualidad se manejan tres procesos de anodizado, de acuerdo al electrolito a utilizar, así:

1. *Anodizado con Ácido Sulfúrico*: Es el proceso más utilizado por su costo y facilidad técnica. Se usa una solución de 100-150g/L, como se muestra más adelante, por ser el proceso adoptado por la industria en estudio.
2. *Anodizado con Ácido Crómico*: Es utilizado para anodizar piezas de estructuras utilizadas en aeronáutica. Su costo es elevado.

⁹ Ibid., p. 19

3. *Anodizado con Ácido Oxálico*: La película formada es delgada pero con mayor dureza. Permite anodizar a mayor temperatura, pero su costo es mayor a comparación con el Anodizado con ácido sulfúrico

1. Anodizado con ácido sulfúrico

Preparación de la superficie: El pretratamiento mecánico que arranca de la superficie de la pieza una fina capa, incluye procesos como el cepillado, pulido y rectificado, que permiten eliminar asperezas o defectos de las superficies. Tras estas operaciones es necesario someter a las piezas a un proceso de lavado, puesto que durante el mismo se deposita sobre la superficie de las piezas, una parte de la grasa y del abrasivo utilizado, así como polvo mecánico. Este pretratamiento deja residuos como material particulado.

Desengrase. Se utiliza para remover grasa y suciedad de la superficie. Puede realizarse por inmersión en una solución alcalina caliente con poder emulsificador.

Actualmente en la industria analizada, no se desarrolla esta operación, por esta razón una buena práctica sería realizarla después del acabado mecánico o antes del acabado químico.

Enjuague. Entre cada una de las etapas es necesario realizar un enjuague con agua preferiblemente que sea desionizada, bien sea por inmersión o por aspersion, para remover las trazas de soluciones que queden adheridas a la pieza y de esta manera no contaminar los baños de la etapa posterior.

Decapado. Se realiza para eliminar los óxidos que puedan existir en la superficie y que impiden la buena adherencia de la película metálica; además, se pretende remover a nivel casi molecular hasta una película delgada de metal reducido, con el fin de dejar activa la superficie para mejor adherencia de la capa metálica. El decapado se hace por inmersión en soluciones diluidas de soda cáustica.

Abrillantado químico. Esta operación se realiza mediante inmersión en ácido fosfórico concentrado y la mezcla de ácido sulfúrico y nítrico.

Anodizado. La pieza es colocada como ánodo, conectada a un rectificador o generador de corriente con una densidad de $1.1-1.5A/dm^2$ y sumergida en el electrolito que contiene una solución de 100-150g/L de ácido sulfúrico a una temperatura de 18-20°C formando una capa altamente

porosa de óxido de aluminio sobre la superficie de la pieza. Previo a este proceso electrolítico se efectúa el enganche de las piezas en polipastos diseñados para tal efecto.

Coloreado. Esta operación se lleva a cabo, mediante inmersión en colorantes orgánicos o con pigmentos inorgánicos, mediante precipitación o coloración inorgánica por medios electroquímicos, haciendo circular una corriente alterna en el circuito que tiene como electrolito una solución de ácidos metálicos y un electrón opuesto adecuado.

Sellado. Esta operación se efectúa sellando la pieza con agua caliente o vapor de agua, aunque también puede utilizarse una solución de 5g/L de Acetato de Níquel. Consiste en la hidratación de alúmina producida sobre la superficie metálica.

1.4.1.2.2 *Proceso de Zincado*¹⁰

Otro objeto de estudio es el Zincado, catalogado como taller de servicio y acabado. Las operaciones típicas que se desarrollan en este proceso son las siguientes:

Desengrase. Esta operación se realiza para quitar los restos de grasa, aceites o suciedades que existen en las piezas, generadas por su manipulación. Se efectúa por inmersión de las piezas en soluciones alcalinas. Estas operaciones se llevan a cabo a temperaturas superiores a 60°C. Los limpiadores alcalinos se usan normalmente en tinas de acero calentados por medio de gas o de vapor.

Enjuague. Entre cada una de las etapas es necesario realizar un enjuague con agua, bien sea por inmersión o por aspersión, para remover las trazas de soluciones que queden adheridas a la pieza y de esta manera no contaminar los baños de la etapa posterior.

Decapado. Se realiza para eliminar los óxidos que puedan existir en la superficie y que impiden la buena adherencia de la película metálica; además, se pretende remover a nivel casi molecular hasta una película delgada de metal reducido, con el fin de dejar activa la superficie para mejor adherencia de la capa metálica. El decapado se hace por inmersión en ácidos inorgánicos, principalmente sulfúrico, nítrico o clorhídrico, generalmente inhibidos para evitar que ataquen el metal base, la concentración del ácido varía entre 5 y 20%.

Neutralización. Esta operación se desarrolla después del enjuague del decapado, ya que se pueden presentar restos de ácidos que dan lugar a la formación de hidrógeno nascente y a cambios en el pH de las soluciones de metalizado. Se efectúa por inmersión en soluciones alcalinas.

Zincado: Los recubrimientos de zinc tienen propiedades anticorrosivas y muy ocasionalmente decorativas. Por esta razón, después de la operación de zincado, se realizan los oportunos postratamientos (acabados), en las piezas.

Intrínsecamente, la pieza es colocada como cátodo, conectada a un rectificador o generador de corriente y sumergida en el electrolito que contiene en solución los iones metálicos que se han de depositar sobre su superficie. Como ánodo se conecta una barra de zinc el cual se depositará en la pieza. La temperatura del electrolito, la densidad de corriente, la agitación, la concentración de los iones metálicos, el tipo y concentración de los aniones y/o aditivos, el pH, el tipo y la concentración de aditivos específicos para conseguir las propiedades del recubrimiento deseadas etc., son condiciones de operación que dependen del metal base y del metal a depositar. Previo a este proceso electrolítico se efectúa el enganche de las piezas en bastidores diseñados para tal efecto.

Pasivado: La pieza es sumergida por unos 10-15seg. a temperatura ambiente en una solución compuesta de cromo que le da color a la superficie del hierro. Esta solución forma una película de naturaleza protectora, aumentando la resistencia del zinc.

Existen diferentes tipos de baños de pasivados crómicos en función de su composición, temperatura y pH. Los más frecuentes son los amarillos y los azules, teniendo menor relevancia los verdes y negros.

Secado: Esta operación se realiza de acuerdo al tamaño de la pieza. Para piezas de gran tamaño, el secado se realiza por medio de la inmersión de las piezas en agua caliente o al ambiente; para las piezas de menor tamaño se efectúa el secado por medio de equipos para este fin (centrífuga).

1.4.2 TECNOLOGÍA EMPLEADA

Es indispensable en todo taller de galvanostegia, manejar tecnología que ayude en el desarrollo del proceso. A continuación se describen de manera más precisa, las características de los equipos empleados en las industrias de recubrimientos electrolíticos en el sector de zincado y anodizado referente a nuestro estudio¹¹.

1.4.2.1 Equipo eléctrico

¹⁰ Ibid., p. 17

¹¹ OLLARD, E A; Manual de recubrimientos electrolíticos Industriales : Compañía Editorial Continental S.A. 1963., Cap. 1 y 2.

En la actualidad, se emplean en estas industrias, rectificadores refrigerados por aceite para proporcionar la corriente continua a bajo voltaje requerida en los procesos de recubrimiento. Entre sus principales ventajas sobre el generador de corriente continua o dínamo está la de no tener partes móviles y ser completamente herméticos, por lo que pueden instalarse fácilmente, dentro de los talleres de galvanostegia.

1.4.2.2 Tinas

Las tinas que se manejan dentro de las industrias, se enuncian de acuerdo a la operación que se realice:

- *Tinas de Acero:*

Las tinas de acero se usan principalmente para la limpieza con soluciones alcalinas, tinas de enjuague y depósitos electrolíticos por medio de soluciones cianuradas. Estas tinas pueden ser fabricadas tanto remachadas como soldadas, pero en la mayor parte de los casos se prefieren soldadas. Las tinas de acero tienen la ventaja de que pueden ser calentadas directamente por medio de llamas de gas y es práctica normal calentar las tinas colocando mecheros de gas debajo de las mismas, colocados en soportes adecuados. Sin embargo, se ha encontrado que en muchos casos, cuando la llama del gas toca el fondo de la tina, éste se corroe con bastante rapidez.

1.4.2.3 Bastidores usados en los baños electrolíticos

Cuando es necesario tratar cierto número de artículos similares es generalmente preferible usar bastidores o soportes en lugar de colocarlos por medio de alambres, aunque en algunos casos será necesario sujetar las piezas con alambres y entonces colocarlos en un bastidor.

El bastidor se construye generalmente de latón o de cobre, cubierto con un material aislante apropiado, tal como el cloruro de polivinilo. Sobre las barras se disponen cierto número de alambres en los que se fijarán las piezas, Estas podrán ser colgadas de los bastidores, los que a su vez se harán pasar a través del sistema. Estos bastidores son hechos de un tamaño conveniente para que puedan contener el número máximo de piezas y que, además, puedan ser manejados fácilmente por los operarios.

1.4.2.4 Tambores para recubrimientos electrolíticos

Para el recubrimiento de artículos pequeños, tales como tornillos, tuercas, rondanas, etc, se utilizan tambores, donde el aparato en conjunto se hace funcionar en una tina galvánica. Para tal propósito

hay dos tipos principales de tambores, (a) el horizontal de tipo sumergido y (b) el de tipo oblicuo basculante. A continuación se describe el tambor horizontal sumergido, utilizado en la industria de zincado, donde se desarrolló el proyecto.

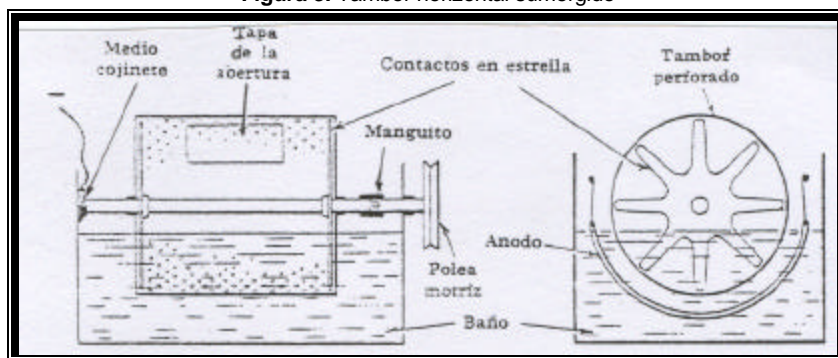
- *Tambores horizontales sumergidos:*

La Figura 3 muestra un pequeño tambor que gira de forma horizontal. El tambor está montado sobre un eje central que va a través del mismo y que está provisto de contactos en estrella colocados en los dos extremos, para efectuar el contacto con el trabajo.

El tambor puede ser impulsado directamente por medio de bandas o engranes, o puede ser diseñado para girar por medio de un pequeño motor.

Los ánodos de este tipo de tambor se colocan en el exterior del mismo sobre las barras ánodo de la tina. En algunos casos, los ánodos se hacen en forma de semicírculo y se les suspende de cada extremo para que se mantengan completamente por debajo del tambor.

Figura 3. Tambor horizontal sumergido



Fuente: Manual de Recubrimientos Electrolíticos

1.4.2.5 Sacos anódicos

Este saco debe ser de algún material que no sea atacado por la solución. El material también deberá tener una trama lo bastante fina para retener las partículas más pequeñas. En la mayoría de los casos se utilizan costales individuales para envolver cada ánodo por separado y el saco es atado, por medio de barras, al gancho del ánodo. Sin embargo algunas veces es preferible preparar un armazón cubierto con tela en el que se puedan colgar varios ánodos. Otro proceso es el de colocar un diafragma completo dentro de una celda de tela apropiada de manera que los ánodos puedan colgar en compartimientos separados.

1.4.2.6 Sistemas de calentamiento¹²

Se dispone de tres posibles métodos,

1. Calentamiento de la tina mismo por medio de un quemador o de una serie de ellos colocados debajo del mismo.
2. Calentamiento de las soluciones por medio de calentadores de inmersión o de serpentines calefactores colocados en el baño.
3. Circulación de la solución a través de cámaras especiales de calentamiento colocadas fuera del baño.

1.4.2.7 Termostatos

Deberán ser utilizados cuando el control de la temperatura es crítico y tienen la ventaja de que cuando se utilizan elementos calefactores éstos pueden dejarse conectados de día y de noche, si fuese necesario, sin que sea excedida la temperatura de la solución. Los termostatos que se utilizan en las industrias estudiadas, se utilizan tanto en los calentadores de gas como en tinas que necesitan en su operación una alta temperatura.

1.4.2.8 Equipos de secado

Después de que se han recubierto electrolíticamente las piezas y se les ha enjuagado minuciosamente, es necesario secarlos. Esta operación dentro de las industrias estudiadas se realiza a través de:

1.4.2.8.1 *Secado por centrífuga*

Para el secado de tornillos y tuercas se utiliza con mucha frecuencia un método que consiste en introducir las piezas en una canasta y secarlos por medio de la fuerza centrífuga. La mayor parte de las máquinas centrífugas usadas para este objeto son también acondicionadas para proporcionar una corriente de aire caliente que pase a través de la canasta y del material, ayudando en esta forma a la operación de secado.

¹² lbit., p. 131

METODOLOGÍA

La presente metodología se centra en la aplicación práctica a dos empresas representativas en los procesos de anodizado y zincado, con el fin de crear y difundir un instrumento básico que establezca los procedimientos que lleven al desarrollo de buenas prácticas.

- **DEFINICIÓN DE LAS INDUSTRIAS**

Los criterios analizados para la determinación de las industrias en los procesos de anodizado y zincado fueron:

- *Representatividad.* De acuerdo a la base de datos suministrada por el DAMA, se seleccionaron aquellas definidas como micro empresas¹³; debido a que estas empresas no desarrollan en sus operaciones el concepto de sustentabilidad¹⁴, responden tan solo a habilidades de permanencia del mercado, por ello la cultura empresarial de estas se fundamenta en la búsqueda de disminuir los costos de su materia prima sin importar el tipo de impacto ambiental que ello genere.
- *Actitud de los empresarios.* Se determinó que la actitud positiva de los empresarios favoreciera el desarrollo del proyecto bajo la metodología de producción más limpia dentro de la empresa.
- *Potencial.* Tendrá en cuenta las circunstancias económicas actuales de las industrias, y la capacidad para generar un compromiso en el desempeño ambiental.

¹³ Ministerio de Desarrollo Económico 2000. Ley Mipyme No. 590 del 10 de julio de 2000.

¹⁴ En general el concepto de sustentabilidad para la industria obedece a la interiorización del control ambiental en las prácticas y procesos productivos, dejando así el control de la contaminación para convertirse en prevención donde se involucra actividades de selección de materias primas, el desarrollo de nuevos procesos y productos, el reaprovechamiento de energía y agua, el reciclaje de residuos y la integración del producto final con el medio ambiente. DE LA O ROXO, Carlos Alberto. Gestión ambiental en la industria bajo el enfoque del desarrollo sostenible. Eco eficiencia : WBCSD. Colombia. 1992.

- **DIAGNÓSTICO SECTORIAL**

Una vez se establecieron las industrias de anodizado y zincado, se procedió a hacer su diagnóstico, por medio de la evaluación de las prácticas y los procedimientos manejados actualmente en su interior; El desarrollo del diagnóstico en cada una de las industrias, fue el siguiente:

- *Inventario de la situación actual.* El inventario sistemático de la situación actual de los procesos a analizar constituye la base de partida para el desarrollo de un concepto de minimización. El inventario incluye principalmente una breve descripción del proceso, así como la recopilación de datos como: producción, composición del baño, características de manejo, Tiempos de inmersión y aspersion, tiempo de escurrido, manejo de tiempos y movimientos en todo el proceso.
- *Balance de materia y agua.* Resultó necesario elaborar un gráfico de cada una de las operaciones para visualizar mejor los porcentajes, determinando la cantidad de solución depositada en la pieza. Para ello se averiguaron las cantidades añadidas a los baños, se inspeccionó la documentación relativa a su compra en un periodo de un año, los análisis de laboratorio realizado por las autoras (cantidad de grasa y oxido en las piezas de aluminio y hierro para el anodizado y zincado respectivamente, concentración de los baños electrolíticos, características de las materias primas) y los consumos de agua.

- **PLAN DE ACCIÓN**

Una vez concluido el diagnóstico en las empresas se procedió a verificar las posibilidades de aplicación de medidas de minimización por medio del modelo de indicadores desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente.

El desarrollo del plan de acción (ver capítulo III), que permita a las industrias adoptar medidas encaminadas a un mejor desempeño en sus procesos, fue el siguiente:

- *Eco indicadores.* Adoptar un modelo de eco indicadores¹⁵, crea un sistema integrado de orientación, el cual mide el grado de eco eficiencia inherente a la operación de una empresa. Los eco indicadores (indicadores parciales) propuestos por el Ministerio del Medio Ambiente permiten visualizar los problemas ambientales, para que la empresa pueda desarrollar el Sistema Ambiental Integral (madurez empresarial).

¹⁵ DAMA, Op CIT., p. 20.

- *Medidas de minimización.* Por medio de la priorización de los índices e indicadores, se determinaron las medidas de minimización, analizadas técnica, económica y ambientalmente, por medio de diagramas del proceso donde se refleja la secuencia de los baños de tratamiento con sus respectivas etapas de lavado, así como el paso o recorrido de las piezas. Además, se describe por medio de fichas técnicas, las buenas prácticas que por su facilidad de implantación han sido exentas de estudio y serán acogidas inmediatamente por las industrias estudiadas.

2 DIAGNÓSTICO SECTORIAL

Como se observó en el capítulo I, las empresas de recubrimientos electrolíticos trabajan diferentes procesos. Por razones enunciadas anteriormente, el presente estudio se centra en la aplicación práctica a dos empresas representativas, en los recubrimientos de anodizado y zincado. Este proyecto servirá de base a otras industrias del sector que deseen optimizar sus prácticas de operación con un desempeño ambiental.

2.1 DEFINICIÓN DE LAS INDUSTRIAS

De acuerdo a los criterios de selección vistos en la metodología, se determinaron las industrias de anodizado y zincado, en las cuales era viable realizar el proyecto. Para esto, el DAMA suministró las industrias con no más de 10 empleados y cuyos activos totales no excedieran a los quinientos uno (501) salarios mínimos mensuales legales vigentes¹⁶. A continuación se listan en orden alfabético las industrias seleccionadas a los procesos de anodizado y zincado.

Tabla 2. Microempresas Pertencientes al Sector de Anodizado y Zincado

Microempresa	Anodizado	Zincado
Acabados Electro Químicos		X
Acabados Galvánicos		X
Acabados ProZinc		X
Acabados y Zincados Chaparro		X
A.M. Anodizados	X	
Anodizados Guzmán	X	
Anodizados Industriales	X	
Anodizados Ruben's	X	
Anodizados Santa Fe	X	
Anodizados Técnicos	X	
Colombiana de Aluminios	X	
Colombiana de Anodizados	X	
Cromicol		X
De Bogotá		X
Electrozincado		X
Ferrozincal		X
Galvanotecnia		X
Galvanova		X
Galvanozinc		X
Industria Electro Química		X
Industria Química Guther		X
Inmegalva		X
Inversiones Ghan		X

¹⁶ Ministerio de Desarrollo Económico 2000, Op. Cit.

J.J.R. Galvanizados		X
Nicrocinc		X
Producciones AZ		X
Recumetal		X
Relec		X
Servizinc		X
Zinc		X
Zn's Inversiones Suárez y Ríos		X

Fuente: DAMA

De acuerdo a esta información, se procedió a visitar las industrias, para así, lograr seleccionar a las empresas de acuerdo a:

- Su desconocimiento en los procesos de mejoramiento y optimización para un buen desempeño ambiental.
- Su actitud de cooperación en el sentido de proporcionar información para facilitar el desarrollo del proyecto.
- Su deseo y actitud de cambio en las operaciones que generan problemas ambientales.

Así, de las 31 empresas visitadas tan solo 4 desarrollan sus procesos con buenas prácticas; de las empresas sin un buen desempeño ambiental, tan solo 9 permitieron suministrar la información, a cambio de alternativas de minimización. La selección de estas dos industrias se hizo de acuerdo a que:

- Solo deben desarrollar un proceso dentro de la industria.
- Deben ser las industrias con mayores problemas ambientales encontrados.
- No poseer las suficientes fuentes económicas para la realización de una auditoria.
- Se interesaron en conocer el modelo de eco indicadores, para evaluar su desempeño ambiental.

De acuerdo a estos criterios, en la siguiente tabla, se observan las industrias seleccionadas para el desarrollo del proyecto.

Tabla 3. Selección de empresas a analizar con base en los criterios de selección y en la estructura del sector de recubrimientos electrolíticos

Empresa	Producción	Proceso	Materia base	Automatización	operaciones avanzadas
Colombiana de Aluminios	A terceros	Anodizado	Aluminio	Manual	Enjuagues
Zn's Inversiones Suárez y Ríos	A terceros	Zincado	Hierro	Manual	Desengrase

Fuente: las autoras y empresas seleccionadas.

2.2 SITUACIÓN ACTUAL EN LAS INDUSTRIAS ESTUDIO

El desarrollo de los procesos en las empresas seleccionadas, se estudió tomando como base la metodología descrita anteriormente siendo ejemplo de aplicación a talleres concretos.

2.2.1 COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA. (plano Anexo C y D)

2.2.1.1 Generalidades

Colombiana de Aluminios Ltda. Es una industria dedicada al tratamiento de superficies por medio del anodizado. En la siguiente tabla se observan los datos generales de la industria describiendo las características actuales

Tabla 4. Datos generales de la industria colombiana de aluminios Ltda.

Datos generales de la empresa	
NOMBRE DE LA EMPRESA	COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA.
DOMICILIO SOCIAL	CRA. 33 NO. 10 –36
BARRIO	Z. INDUSTRIAL PENNSYLVANIA
PERSONA EN CONTACTO	JOSÉ AIMOLA
CARGO EN LA EMPRESA	GERENTE DE PRODUCCION
NO. TELÉFONO	2 372240
SECTOR INDUSTRIAL	ANODIZACIÓN DEL ALUMINIO.
CLASIFICACIÓN CIIU ¹⁷	273202. SERVICIO DE ANODIZACIÓN DE ALUMINIO.
PRINCIPALES PRODUCTOS	Obtención de perfiles de aluminio anodizados destinados a usos arquitectónicos (ventanería, divisiones para baño, cortinería, entre otras).
NO. DE EMPLEADOS	6
PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO	3
PERSONAL DE PRODUCCIÓN	3
NO. HORAS TRABAJADAS AL AÑO	9408
NO. MESES/AÑO TRABAJADO	12
NO. DÍAS/ SEMANA	6
NO. HORAS/TURNO	8
NO. TURNOS/DÍA	1

Fuente: Colombiana de Aluminios

¹⁷ CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Clasificación industrial internacional uniforme, Registro Mercantil, Revisión 3 adaptada para Colombia, DANE.

2.2.1.2 Antecedentes, objetivo y alcance de la Industria

Esta Industria se ha desempeñado en el mercado galvánico durante 30 años. La actividad principal, es la producción y comercialización de molduras para marquetería, cortinería y accesorios efectuando sistemas de anodización. El objetivo es proporcionar ciertas ventajas a la pieza como son:

- Aumentar la resistencia a la corrosión y a la abrasión.
- Aumentar la adherencia a la pintura.
- Permitir recubrimientos subsecuentes.
- Proporcionar aislamiento térmico.

La empresa se desempeña comercialmente de dos maneras:

1. Recibe las piezas a anodizar por parte del cliente con el fin de realizar la conversión de la superficie de aluminio en óxido de aluminio de acuerdo al acabado ya estipulado en el momento en que se recibe la pieza
2. Por otro lado se realiza la compra de perfiles de aluminio a industrias dedicadas a la fabricación de estos, con el fin de manipular la pieza dando el acabado requerido para posteriormente comercializar.

2.2.1.3 Distribución de la planta

La planta cuenta con un área total de 666 metros cuadrados, los cuales están distribuidos en dos lotes de 333m² cada uno, el primer lote se adquirió en el año 1972, y actualmente lo conforman la zona de oficinas, la zona de almacenamiento de producto terminado, la zona de despacho de producto terminado y la zona de equipos en mantenimiento, el segundo lote se adquirió en el año de 1987 a los 15 años de haber adquirido el primer lote, conformado por: la zona de acabado mecánico, la zona de anodizado y la zona de tratamiento, a continuación se describe las características de cada zona en la industria:

2.2.1.3.1 Zona de Almacenamiento de Insumos.

En esta zona se encontraron dos subdivisiones la primera, dispuesta para el acopio de los insumos como ácido sulfúrico en garrafa de 100Kg, ácido fosfórico en garrafa de 35Kg, ácido nítrico en garrafa de 80Kg, ácido oxálico en sacos de 25Kg, soda cáustica en sacos de 25Kg, y solución

colorante adquirida directamente por el fabricante en contenedores de 32Kg (La adquisición de materia prima sólida y líquida se efectúa en kilogramos). La segunda subdivisión está provista para el acopio de las piezas a procesar entre las que encontramos: perfiles de 6m y 3 metros, tipo cuadrado 4*4, flauta, pecho de paloma y circular con superficie lisa y corrugada de ½, ¾ y ¼, de pulgada.

2.2.1.3.2 Zona de Acabado Mecánico.

Su importancia radica en la eficacia para preparar la pieza, ya que a partir de esta se observarán los resultados exitosos en el control de calidad una vez terminada la misma. Cuenta con cuatro máquinas; tres destinadas al pulimento de las piezas, para dar el acabado brillante; y la última, única en el sector, destinada a gratar la pieza con el fin de proporcionarle uniformidad con el objeto de que el acabado mate sea de mayor calidad.

2.2.1.3.3 Zona de anodizado.

Esta zona está compuesta por dos niveles: la planta alta tiene un área de 80m², destinada a la transformación de productos, como: el corte de los perfiles de acuerdo a las especificaciones del proveedor, y el empaclado y sellado de productos para dirigir a la zona de almacenamiento de producto terminado.

La planta baja comprende la transformación de las piezas por medio del recubrimiento electrolítico, una vez sale de la zona de acabado mecánico. La zona de anodizado cuenta con doce tinajas dispuestas a lo largo de la planta. Las características de las tinajas como dimensionamiento y Material de fabricación se observan en la tabla 5.

A continuación se describe la finalidad de cada tina:

La primera tina (Tina de Tratamiento): Es utilizada para el bombeo de aguas procedentes de los enjuagues por aspersión en las operaciones de decapado, anodizado y coloreado, con el fin de neutralizarlas y sedimentar las partículas, para posteriormente ser recirculadas a las tinajas de enjuague estático de decapado, anodizado y brillo químico secundario.

Las tinajas 2 y 3 están destinadas al anodizado de la pieza; en la actualidad solo se está anodizando con una tina.

Tabla 5. Características de las tinas

Tina	Material	Dimensiones					Volumen (M ³)
		Largo (M)	Ancho (M)	Alto (M)	B.Libre (M)	H Útil (M)	
1. Agua Recirculada	Hierro revestido de Resina	6.30	0.80	0.80	0.30	0.50	2.52
2. Anodizado No.1	Hierro revestido de Resina	6.30	1.10	1.10	0.20	0.90	6.24
3. Anodizado No.2	Hierro revestido de Resina	6.30	0.80	1	0.35	0.65	3.276
4. Decapado No 1 ¹⁸	Hierro revestido de resina	6.30	0.45	1	0.50	0.50	1.42
5. Decapado No 2	Hierro revestido de Resina	6.30	0.45	1	0.10	0.90	2.55
6. Enjuague Soda	Hierro revestido de Resina	6.30	0.40	0.80	0.10	0.70	1.76
7. Enjuague Ácido	Hierro revestido de resina	6.30	0.40	0.80	0.20	0.60	1.51
8. Enjuague Brillo Químico No.2	Hierro revestido de resina	6.30	0.35	0.40	0.15	0.25	0.55
9. Color	Acero Inoxidable	6.30	0.35	0.40	0.15	0.25	0.55
10. Sellado	Acero Inoxidable	6.30	0.60	0.70	0.20	0.50	1.9
11. Brillo Químico	Hierro revestido de resina	3.10	0.60	0.10	0.05	0.05	0.093
12. Enjuague Brillo Químico No.1	Hierro revestido de resina	4.10	0.40	0.80	0.03	0.77	1.26

Fuente: Las autoras

La cuarta y quinta tina están destinadas al decapado de la pieza. Actualmente se está utilizando una de las tinas, debido a la disminución de materia prima a anodizar.

Las tinas de enjuague 6, y 7 se utilizan después de las operaciones de anodizado, y decapado respectivamente, la tina 8 está destinada como enjuague por inmersión secundaria del proceso de brillo químico.

Las tinas 9 y 10 están destinadas para las operaciones de coloreado y sellado. Estas tinas manejan temperaturas de 65-70°C y 70-80°C respectivamente, alcanzadas por medio de un soplete provisto para el calentamiento de éstas.

¹⁸ Actualmente esta tina no se está utilizando en el proceso.

Por otra parte se encuentran en la planta dos tinas destinadas para el acabado de la pieza. La tina 11 proporciona a la pieza brillo químico, utilizando un soplete que lleva a la solución a una temperatura de 30°C. La tina 12 realiza el enjuague primario del brillo químico.

Adicional a esto, en la zona de anodizado entre la tina de enjuague del brillo químico (8) y la tina para coloreado (9), se dispone de un área destinada al enjuague manual una vez sale la pieza del enjuague por inmersión del decapado y anodizado, con el fin de garantizar la remoción total de las soluciones alcalinas y ácidas.

El enjuague manual se realiza por aspersión. El arrastre proveniente de esta operación es conducido a un tanque subterráneo de 2000L. Posteriormente son bombeadas al tanque de tratamiento, donde se efectúa la neutralización y sedimentación de partículas para finalmente recircular el agua tratada a las tinas (6, 7 y 8) de enjuague estático.

2.2.1.3.4 Zona de Almacenamiento de Producto Terminado.

Tiene por objeto el almacenamiento de la pieza una vez a pasado por todo el proceso de recubrimiento. Se encuentran: tubos o perfiles de aluminio de las características antes mencionadas con acabados en blanco mate, blanco brillante, blanco químico, dorado mate, dorado brillante o dorado químico.

2.2.1.3.5 Zona de Despacho de Producto Terminado.

Esta zona esta destinada para ubicar los vehículos, que harán el traslado del producto al punto de venta para su comercialización.

2.2.1.3.6 Zona de Tratamiento de Aguas.

Como ya se mencionó, la industria cuenta con un sistema de recirculación de aguas, que consiste en el bombeo del agua residual en la tina colector hasta el tanque (1) de tratamiento.

2.2.1.3.7 Zona de Equipos de Mantenimiento.

El objeto de esta zona es evaluar el correcto funcionamiento de los equipos, realizar mantenimientos periódicos a las máquinas y proporcionar un lugar donde se disponen los equipos de protección para los trabajadores.

2.2.1.3.8 Zona de Oficinas.

Está asociada a todas las zonas de la planta. En esta zona se efectúa la recepción de la pieza a recubrir manejando listados de entradas, se llevan los registros de todas las materias primas utilizadas en el proceso (incluyendo recibos de compra), se efectúa la comercialización directa de los productos que realiza la planta, maneja los ingresos y egresos que tiene la empresa, además cuenta con un sistema de archivo donde se compila toda la información de materias primas adquiridas, recibos de servicio público, facturas de compra de materia prima y de venta de productos, además de los manuales de equipos, registros de mantenimiento de equipos, manejo de nómina y auditorías realizadas por el DAMA.

2.2.1.4 Características técnicas de la instalación

Construcción en ladrillo, bloque y concreto, con sus respectivas adecuaciones. Instalaciones sanitarias, sistemas hidráulicos para la recolección de las aguas residuales industriales, sin separación de redes.

2.2.1.5 Equipos

Colombiana de Aluminios Ltda. Posee los equipos y maquinaria propios de una planta de servicio de acabado. En las siguientes tablas se describen los equipos utilizados en el proceso de anodizado teniendo en cuenta la operación a desarrollar.

- Para efectuar el acabado de la pieza:

Tabla 6. Equipos para acabado metalmecánico.

Máquina ó Equipo	Proceso	Características del Equipo	Características del motor				
			Marca	Amperaje (A)*	Voltaje Suministrado (v)*	Velocidad (R.P.M)*	Potencia (H.P)*
Gratadora	Gratar	Escobilla de metal Diámetro de la grata: 5cm * utiliza energía hidráulica y eléctrica	-	220	-	110	2
Pulidora 6m	Pulido mecánico	Cabezal fijo y árbol portátil en el que va montada la felpa * Utiliza energía hidráulica y eléctrica	SIEMENS	16	500	-	23
Pulidora 3m	Pulido mecánico	Cabezal fijo y árbol portátil en el que va montada la felpa * Utiliza energía hidráulica y eléctrica	SIEMENS	31.8/15.7	220	1750	12
Pulidora manual	Pulido mecánico	* Utiliza energía hidráulica y eléctrica	SIEMENS	27/15.6	220	1440	10

Fuente: Colombiana de aluminios Ltda.

A: Amperios
 V: Voltios
 R.P.M: Revoluciones por Minuto
 H.P: Horse Power

- Todos los equipos empleados para proporcionar a la pieza el acabado mecánico, trabajan con un compresor para proporcionar la energía hidráulica. En las tablas 7, 8 y 9, se observan las características de estos equipos, además son también empleados para la mezcla de soluciones y enfriamiento de tinas.

Tabla 7 Características del compresor

Compresor	Máquina	Características del motor				
		Presión (Lb de aire)	Amperaje promedio consumido (A)	Voltaje suministrado (V)	Velocidad (R.P.M)	Potencia (H.P)
1	Gratar	-	15.6/9	-	110	5.5/6.6
2	Pulidora 6m, Pulidora 3m y Pulidora manual.	130	8.7	220	1440	3

Fuente: Colombiana de aluminios Ltda.

A: Amperios
 V: Voltios
 R.P.M: Revoluciones por Minuto
 H.P: Horse Power

- Para efectuar el proceso de anodizado: Rectificador, sopletes y tinas fabricadas en acero inoxidable, destinados al coloreado y sellado de la pieza, las demás tinas construidas en hierro revestido de resina. Las características de las tinas ya fueron mencionadas anteriormente, en las tablas 8 y 9 se describen: las características del rectificador y de los sopletes.

Tabla 8. Características del rectificador

Maquina	Marca	Capacidad (V)	Corriente (A)	Tipo de carga	Características
Rectificador	GALVANO	18	2000	TRIFASICA	Rectificador con aceite como refrigerante

Fuente: Colombiana de aluminios Ltda.

A: Amperios
 V: Voltios

Tabla 9. Características de los sopletes

Soplete	Operación unitaria	Marca	Características	Combustible
1	Brillo Químico	ALLANSON	120V 50Hz	ACPM
2	Coloreado y sellado	ALLANSON	120V 50Hz	ACPM

Fuente: Colombiana de aluminios Ltda.

V: Voltios
Hz: Herz

2.2.1.6 Volúmenes estimados de producción

La determinación de los volúmenes de producción se desarrolló a partir de los registros de ventas para el año 2002 (tabla 10) y el costo de la pieza a anodizar teniendo en cuenta el acabado de la pieza y la línea de color (tabla 11¹⁹). Como se observa en la tabla 12, el volumen de producción para la industria es de 8056,99 Kg. de producto procesado al mes.

Tabla 10. Venta de productos para el año 2002

MES	Blanco Mate (Pesos)	Blanco Brillante (Pesos)	Blanco Químico (Pesos)	Dorado mate (Pesos)	Dorado Brillante (Pesos)	Dorado Químico (Pesos)	Total (Pesos)
ENERO	235200	1075200	1216000	842400	2052000	5346000	10766800
FEBRERO	372400	1459200	1748000	842400	2622000	7128000	14172000
MARZO	333200	1228800	1368000	777600	2850000	7425000	13982600
ABRIL	333200	1536000	1368000	648000	2622000	6534000	13041200
MAYO	392000	1382400	1064000	777600	2736000	6831000	13183000
JUNIO	470400	1843200	1216000	1166400	2850000	7128000	14674000
JULIO	254800	1536000	1216000	1166400	2280000	6534000	12987200
AGOSTO	313600	1228800	1064000	1036800	2736000	7128000	13507200
SEPTIEMBRE	470400	1843200	1368000	907200	2964000	8019000	15571800
OCTUBRE	431200	1689600	1064000	1036800	2394000	6237000	12852600
NOVIEMBRE	392000	1536000	1368000	1166400	2508000	6237000	13207400
DICIEMBRE	372400	1766400	1444000	1296000	2622000	7425000	14925800
TOTAL	4370800	18124800	15504000	11664000	31236000	81972000	162871600
PROMEDIO							13572633.33

Fuente: Colombiana de Aluminios Ltda.

Tabla 11. Valor de pieza procesada de acuerdo al tipo de acabado

Tipo de acabado	Valor por unidad de pieza procesada de 6m. (pesos)
Blanco Mate	1400 ²⁰
Blanco Brillante	1600
Blanco Químico (plateado)	2800
Dorado Mate	1800
Dorado Brillante	3000
Dorado Químico	3600 ²¹

Fuente: Colombiana de Aluminios Ltda.

¹⁹ La industria maneja costos proporcionales al tipo de operación que tenga la pieza. Los valores por unidad de pieza trabajada están determinados para un perfil de aluminio de seis metros.

²⁰ La facilidad del proceso y el bajo consumo de materia primas hace que el acabado de menor costo sea blanco mate.

²¹ La línea de color dorado químico se hace la más costosa por la adición de sustancias químicas y consecuente gasto de materias primas.

Tabla12. Producción mensual para el año 2002, teniendo en cuenta el tipo de acabado y la línea de color.

MES	Blanco Mate (Kg)	Blanco Brillante (Kg)	Blanco Químico (Kg)	Dorado Mate (Kg)	Dorado Brillante (Kg)	Dorado Químico (Kg)	Total (Kg)
ENERO	361,2	1444,8	729,6	1006,2	1470,6	1304,1	6316,5
FEBRERO	571,9	1960,8	1048,8	1006,2	1879,1	1738,8	8205,6
MARZO	511,7	1651,2	820,8	928,8	2042,5	1811,25	7766,25
ABRIL	511,7	2064	820,8	774	1879,1	1593,9	7643,5
MAYO	602	1857,6	638,4	928,8	1960,8	1666,35	7653,95
JUNIO	722,4	2476,8	729,6	1393,2	2042,5	1738,8	9103,3
JULIO	391,3	2064	729,6	1393,2	1634	1593,9	7806
AGOSTO	481,6	1651,2	638,4	1238,4	1960,8	1738,8	7709,2
SEPTIEMBRE	722,4	2476,8	820,8	1083,6	2124,2	1956,15	9183,95
OCTUBRE	662,2	2270,4	638,4	1238,4	1715,7	1521,45	8046,55
NOVIEMBRE	602	2064	820,8	1393,2	1797,4	1521,45	8198,85
DICIEMBRE	571,9	2373,6	866,4	1548	1879,1	1811,25	9050,25
Total (Kg)	6712,3	24355,2	9302,4	13932	22385,8	19996,2	96683,9
Promedio	559,358	2029,6	775,2	1161	1865,48	1666,35	8056,99

Fuente: Colombiana de Aluminios Ltda.

2.2.1.7 Descripción del proceso

La industria Colombiana de Aluminios Ltda. Maneja dos líneas de color: dorado y plateado, y tres tipos de acabado para cada línea: mate, brillante mecánico y brillante químico. De esta manera los seis tipos de acabado que ofrece la industria son:

- Blanco Mate.
- Blanco Brillante.
- Blanco Químico o Plateado.
- Dorado Mate.
- Dorado Brillante.
- Dorado Químico.

2.2.1.8 Descripción del proceso por operación unitaria

En el proceso de anodizado el tipo de acabado de la pieza determina el proceso a desarrollar en la primera fase de manipulación, de acuerdo a especificaciones del cliente, sea brillante o mate:

- Acabado brillante: Este se puede realizar de dos maneras, de acuerdo a la solicitud del cliente. El primero se efectúa por medio de la pulidora, este método se le conoce como brillo mecánico. El segundo busca darle brillo a la pieza a través de la inmersión de esta en soluciones químicas, este método se le conoce como brillo químico.
- Acabado mate: Si la pieza es uniforme se lleva a la operación de gratado o en su defecto es inmersa en una solución de soda cáustica, dado que las características de la pieza hacen difícil la operación de gratado.

A continuación se detallan las diversas etapas que componen el proceso de anodizado, describiendo las características en cada operación unitaria:

Tabla 13. Características de las operaciones unitarias en el proceso de anodizado

Proceso	Características	Tipo de aguas residuales
ACABADO		
Gratado	Proporcionar uniformidad a la pieza, por medio de una escobilla de metal, que gira con ayuda de un motor por toda la superficie de la lámina.	-
Brillo mecánico y limpieza manual	El pulido elimina la rugosidad y rayones de la pieza, por la acción de un disco de felpa que además logra una superficie definitivamente lisa y brillante gracias a la adición de pasta, proporcionando uniformidad por todo el contorno. La limpieza manual remueve la pasta y grasa de la pieza, de forma manual con ayuda de una estopa.	-
Brillo Químico, Enjuague Estático Primario Y Enjuague Estático Secundario	En esta operación se sumerge la pieza en la tina que contiene la solución de: ácido fosfórico concentrado, ácido nítrico y sulfúrico a una temperatura de 60°C. El periodo de inmersión es de segundos y el objetivo es dar brillo a la pieza por medio químico. El enjuague primario, remueve las trazas de soluciones que quedan adheridas a la pieza. El enjuague secundario, efectúa una remoción Total de las trazas de soluciones que quedan adheridas a la pieza.	Ácido
PROCESO DE ANODIZADO		
Decapado	Remoción de óxidos existentes en la superficie que impiden la buena adherencia de la película metálica, por medio de la inmersión de la pieza en soda cáustica, por un tiempo de 25-30 minutos. Si la pieza es pequeña o los perfiles presentan zonas donde no puede hacer contacto la grata, el tiempo de inmersión será mayor.	Alcalino
Enjuague Estático	Efectuar el baño de la solución alcalina por medio de inmersión en el agua a temperatura ambiente, con el fin de remover las trazas de soluciones que quedan adheridas a la pieza, disponiendo a la pieza a proporcionar una adherencia uniforme una vez sea inmersa en el ácido.	Alcalino
Enjuague Manual	Efectuar el baño de la pieza de forma manual con una manguera con el fin de remover las pequeñas concentraciones de solución alcalina que puedan quedar, disponiendo a la pieza a proporcionar una adherencia uniforme una vez sea inmersa en el ácido.	Alcalino
Anodizado	En esta operación se hace circular corriente equivalente a una densidad	Ácido

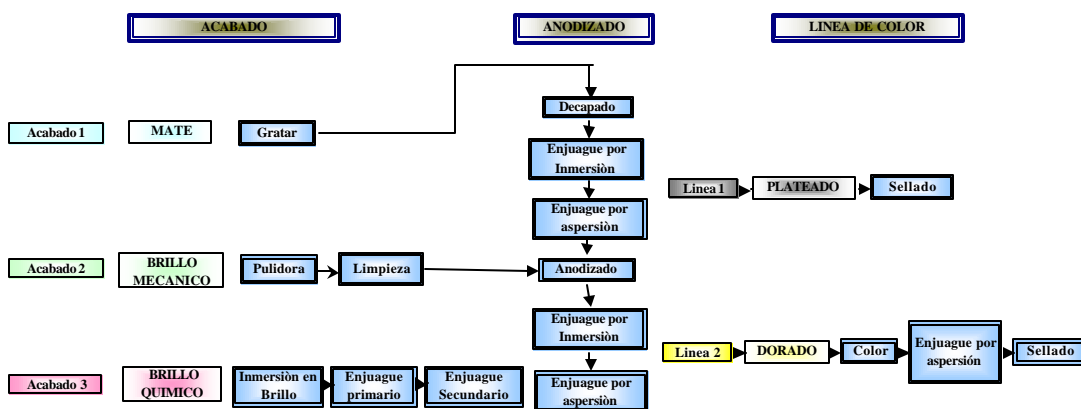
	<p>de 1.4-1.5Å/dm² por la pieza que se encuentra sumergida en una solución de 100 a 150g/L de ácido sulfúrico a una temperatura de 15-20°C, para lograr la formación de una capa altamente porosa de óxido de aluminio sobre su superficie. El tiempo de inmersión en la tina es de 60 minutos, la pieza a tratar se coloca como ánodo y como cátodo se provisionó a lo largo de las dos caras de la tina dos sacos de plomo instalados por medio de tirantas de hierro que los sostienen.</p> <p>La concentración de aluminio libre y ácido sulfúrico, se determinó a partir de la recolección de las muestras durante cuatro días. A continuación se observan los resultados obtenidos</p> <p style="text-align: center;">Tabla 14. Resultados de laboratorio de aluminio libre y ácido sulfúrico en la tina de anodizado.</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Día</th> <th>Aluminio libre (g/L)</th> <th>Ácido sulfúrico libre (g/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9 Abril/03</td> <td>5.76</td> <td>132.5</td> </tr> <tr> <td>10 Abril/ 03</td> <td>6.48</td> <td>143.2</td> </tr> <tr> <td>11 Abril/ 03</td> <td>6.2</td> <td>141.6</td> </tr> <tr> <td>12 Abril / 03</td> <td>5.76</td> <td>135.76</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Fuente: Analquim</p> <p>Como se observó en el marco de referencia, la concentración de ácido sulfúrico debe ser inferior a 150g/L y el contenido de Aluminio puro por debajo de los 20 g/L²², demostrando que los valores observados en la tabla anterior cumplen con las condiciones de funcionamiento para un óptimo recubrimiento electrolítico.</p>	Día	Aluminio libre (g/L)	Ácido sulfúrico libre (g/L)	9 Abril/03	5.76	132.5	10 Abril/ 03	6.48	143.2	11 Abril/ 03	6.2	141.6	12 Abril / 03	5.76	135.76	
Día	Aluminio libre (g/L)	Ácido sulfúrico libre (g/L)															
9 Abril/03	5.76	132.5															
10 Abril/ 03	6.48	143.2															
11 Abril/ 03	6.2	141.6															
12 Abril / 03	5.76	135.76															
Enjuague Estático	Efectuar el baño de la solución ácida por medio de inmersión en el agua a temperatura ambiente, con el fin de remover las trazas de soluciones que quedan adheridas a la pieza.	Ácido															
Enjuague Manual	Se realiza con el material suspendido y de forma manual con una manguera, el objeto es remover el ácido de la superficie para luego someterlo al sellado, asegurando una superficie homogénea.	Ácido															
LINEA PLATEADA																	
Secado	Fijación de los componentes y secado de la pieza, por medio de agua a 60-70°C.																
LINEA DORADA																	
Color	Esta operación se realiza para la línea de color dorado, donde se sumerge la pieza en colorantes orgánicos o con pigmentos inorgánicos a una temperatura de 65-70°C, con el objeto de proporcionar el color a la pieza.	Ácido															
Sellado	Hidratación de la alúmina producida por la superficie metálica, por medio de agua a 60-70°C.																

²² OLLARD, E A. Op. Cit., p. 246.

2.2.1.9 Diagrama de flujo de las operaciones unitarias en el proceso de anodizado

Como ya se mencionó, el proceso de anodizado maneja dos líneas de color y tres tipos de acabado para cada línea. La figura 4 describe el proceso general de la pieza a anodizar teniendo en cuenta el acabado y el color a proporcionar sobre la pieza. La primera parte relaciona el proceso teniendo en cuenta el acabado, la parte central describe el proceso para todas las piezas y la última parte relaciona el proceso que tendrá la pieza de acuerdo al tipo de color, sea dorado o plateado.

FIGURA 4. Proceso de anodizado para la industria colombiana de aluminios Ltda.



Fuente: Las autoras.

Como se observa en la figura anterior todas las piezas deben pasar por la operación de anodizado.

2.2.1.10 Diagramas de flujo del proceso

De acuerdo a la figura observada anteriormente, se describen los diagramas teniendo en cuenta el acabado y las líneas de color. Para la elaboración de los diagramas del flujo del proceso, se hizo énfasis en las entradas de cada uno de los procesos unitarios, donde se catalogaron en tres grandes grupos:

Tabla 15. Entradas en cada una de las operaciones unitarias

Entradas	Convenciones
Líquidos	
Sólidos	
Calor o energía	

Fuente: Las autoras

De la misma manera, se han provisto cinco grupos para definir los aspectos medioambientales en las salidas de cada operación, ver tabla 16:

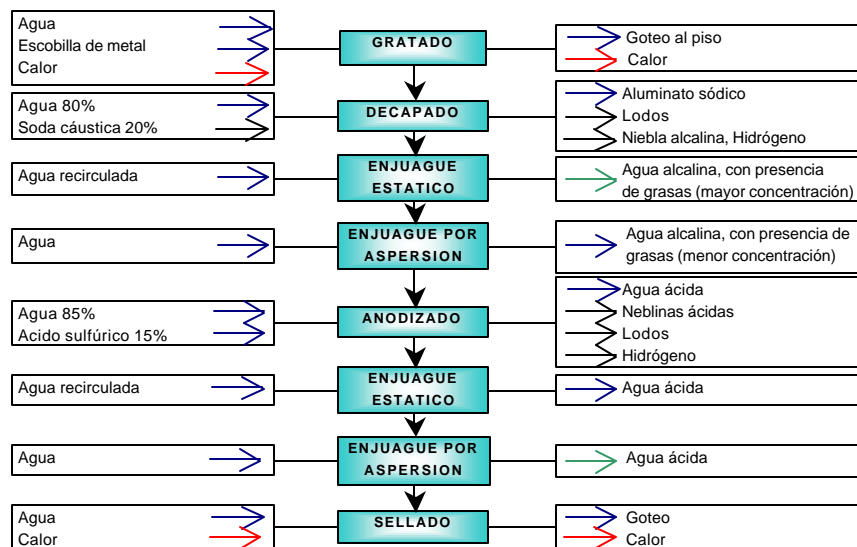
Tabla 16. Salidas en cada una de las operaciones unitarias

Salidas	Convenciones
Vertimientos	
Residuos	
Calor o energía	
Emisiones	
Reciclaje	

Fuente: Las autoras

Como se observa en las siguientes figuras, todos los tipos de acabado desarrollan la operación de anodizado. Las operaciones previas a esta operación, se desarrollan teniendo en cuenta, el tipo de acabado que se le va a proporcionar a la superficie. Las operaciones posteriores al anodizado variaran de acuerdo al color que se le desea dar a la pieza

FIGURA 5. Operaciones unitarias para el proceso Blanco Mate²³



Fuente: Las autoras.

²³ Este acabado se conoce comúnmente como Blanco Mate

FIGURA 6. Operaciones unitarias para el proceso blanco brillante (plateado).

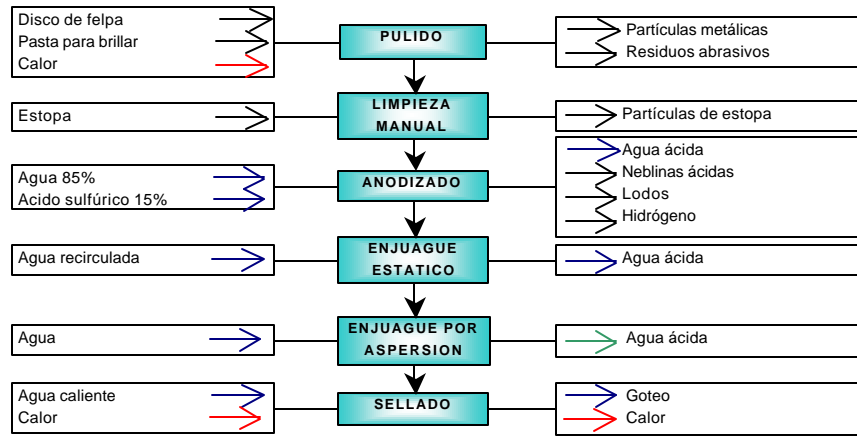


FIGURA 7. Operaciones unitarias para el proceso plateado blanco químico

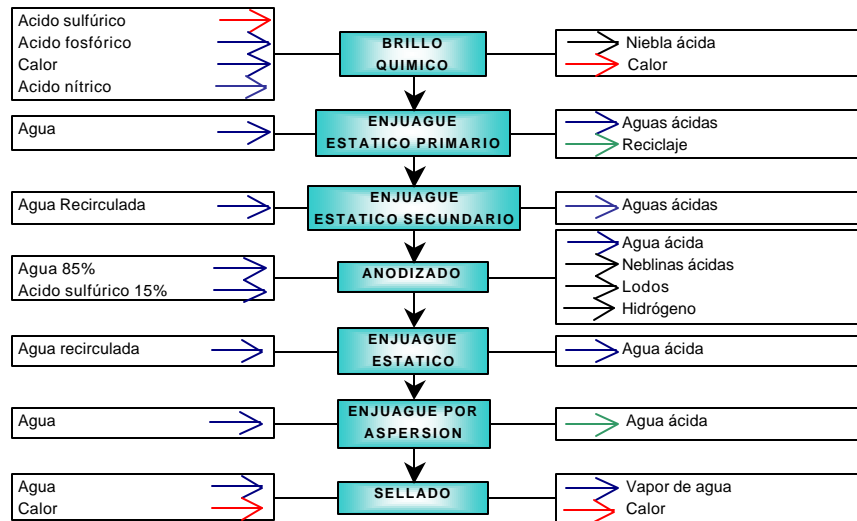
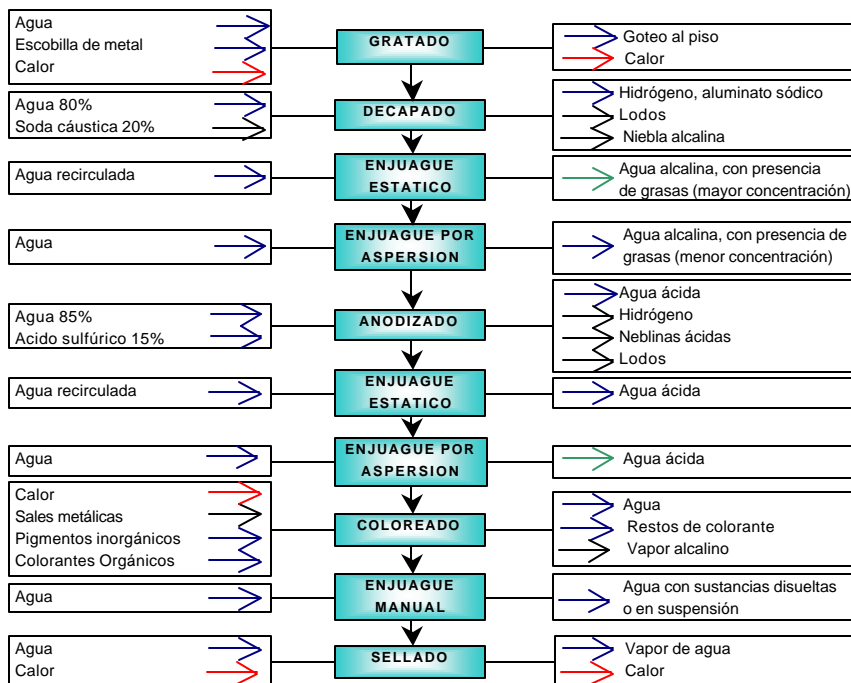
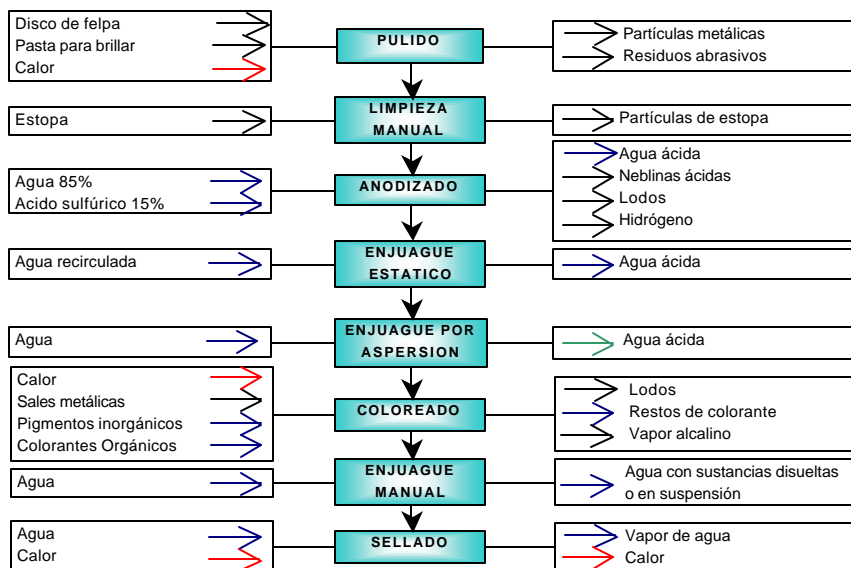


FIGURA 8. Operaciones unitarias para el proceso dorado mate



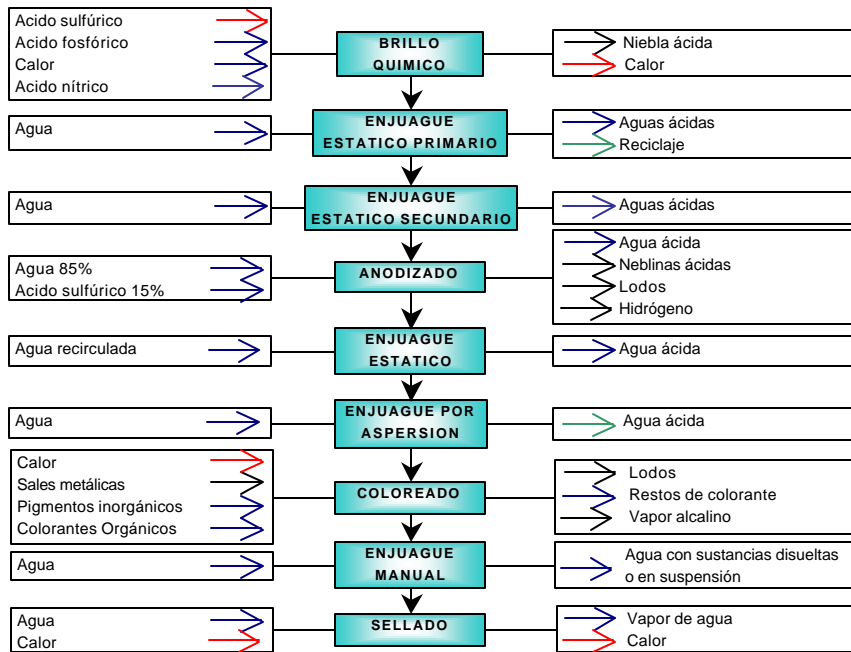
Fuente: Las autoras.

FIGURA 9. Operaciones unitarias para el proceso dorado brillante.



Fuente: Las autoras.

FIGURA 10. Operaciones unitarias para el proceso dorado químico



Fuente: Las autoras.

Los vertimientos que se generan en las operaciones son en su mayoría vertimientos con pH bajo, debido a la implementación de operaciones unitarias que se desarrollan en medios ácidos (anodizado, brillo químico, color y enjuagues del brillo químico y del anodizado).

Los residuos sólidos que se generan (lodos), son procedentes de las operaciones de decapado y anodizado por acumulación de óxido y aluminio en el interior de estas.

2.2.1.11 Evaluación del Proceso

Para evaluar el proceso dentro de la industria Colombiana de Aluminios Ltda., se determinaron las entradas y salidas de las materias primas y agua.

2.2.1.11.1 Determinación de las entradas

Para la cuantificación de las entradas en el proceso de anodizado se inspeccionó la información correspondiente a consumo de materia prima y agua, para verificar el consumo de materia prima debido a que la planta no contaba con registros de compra, se tuvo en cuenta las recargas

periódicas de materia prima a cada tina, soportando está información con el estudio de tiempos y movimientos realizado durante las visitas a la planta.

- *Consumo de materia prima.*

Se determina el consumo de materia prima mensual, por medio de la obtención de los registros de compra. De acuerdo a la inspección realizada en la planta se peso la cantidad de materia prima sobrante a los treinta días de haberse adquirido, además, se determinó un porcentaje del 2%²⁴ que corresponde a las pérdidas de materia prima por mal manejo en la manipulación e inadecuado manejo del traslado hacia la zona de almacenamiento. En la siguiente tabla, se observa el consumo mensual y diario de las materias primas en el proceso de anodizado.

Tabla 17. Consumo diario de materias primas de proceso

Sustancias químicas de proceso	Adquisición de materia prima mensual (Kg)	Pérdidas de materia prima (%)	Pérdidas de materia prima (Kg)	Materia prima sin consumir (Kg)	Consumo mensual (Kg)	Consumo diario (Kg)
Acido Fosfórico	665	0.67 ²⁵	4.5	-	660.5	26.42
Acido Nítrico	80	2	1.6	12.65	65.75	2.63
Acido Oxálico	25	2	0.5	10	14.5	0.58
Acido Sulfúrico	1000	2	20	3.5	976.5	39.06
Color	96	0.3 ²⁶	0.288	-	95.712	4.7
Soda cáustica	150	2		0.02	146	5.84

Fuente: Las autoras.

Además del consumo de sustancias químicas también se deben tener en cuenta los consumos de otras materias primas que intervienen en el proceso de anodizado y que generan gastos en la planta como lo son:

Tabla 18. Consumo de Otras Materias Primas

OPERACIÓN UNITARIA	MATERIA PRIMA	Unidad/Año
GRATADO	Cepillo	1
BRILLO MECÁNICO	Felpa Pasta	2 96 Kg./Año
DECAPADO Y ANODIZADO	Alambre Al	300 Kg./Año

Fuente: Las autoras.

²⁴ Datos suministrado por los empleados de la planta.

²⁵ Se asumió un 0.67%, que representa el volumen de materia prima que queda adherido al recipiente.

²⁶ Se asumió un 0.3%, que representa el volumen de materia prima que queda adherido al recipiente, ya que este se vacía inmediatamente se adquiere el producto.

- Consumo de Agua

De acuerdo a la distribución de la planta enunciada anteriormente, la industria cuenta con dos lotes; el primer lote, esta destinado para zona de oficinas, almacenamiento de materias primas, almacenamiento de producto terminado y zona de despacho. El segundo lote lleva a cabo el proceso de anodizado. Las dos áreas están provistas cada una de un medidor tipo volumétrico de ½'', presentándose separación en los registros de consumo de agua industrial y en los registros de consumo de agua para uso doméstico.

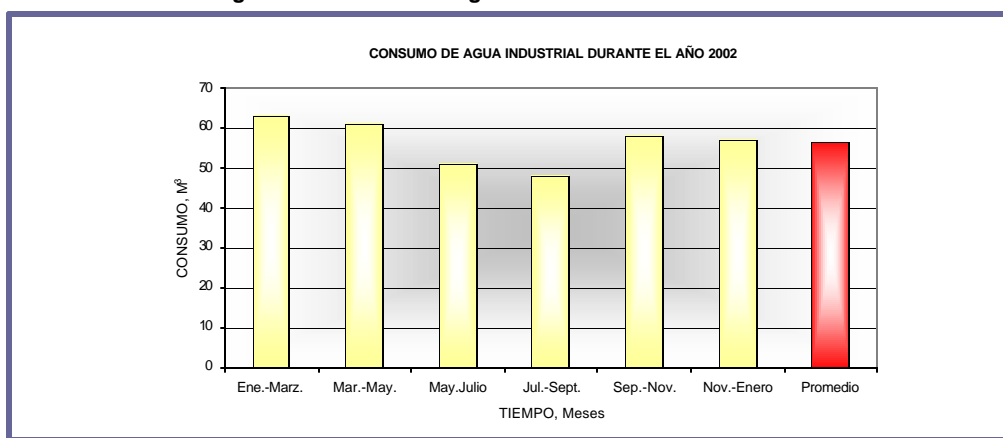
La fuente principal de agua es la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, a la cual se le paga el consumo bimensual. Se observó que el agua obtenida por la planta, es conducida por gravedad desde la acometida de ½ '' hacia cuatro tanques elevados, con capacidad cada uno de 500 L., el agua luego fluye por gravedad a los puntos de distribución bajo presión. Los análisis de los registros proporcionados por la entidad prestadora del servicio, indicaron un consumo de agua industrial promedio para la planta de 56.33m³/mes. En la tabla 19 se listan los datos correspondientes a los consumos de agua industrial para el año 2002 y son representados a manera de gráfica, en la figura 11.

Tabla 19. Consumo de agua industrial durante el año 2002

PERIODO FACTURADO	CONSUMO m ³
Enero – Marzo	63
Marzo – Mayo	61
Mayo – Julio	51
Julio – Sep.	48
Sep. – Nov.	58
Nov. – Enero	57
Promedio	56.33

Fuente: Colombiana de Aluminios Ltda.

Figura 11. Consumo de agua industrial durante el año 2002



Fuente: Colombiana de Aluminios Ltda.

El consumo de agua potable para el año 2002, bajo en un 30% con relación a años anteriores, debido a la adopción de un sistema de recirculación.

2.2.1.11.2 Análisis del Balance de Materia

- *Pieza a anodizar*

El desarrollo del balance de materia para la industria se hizo a partir del estudio de tiempos y movimientos efectuado el día 04 de abril del 2002 (ver anexo F) y de los registros de producción.

En la elaboración del balance de materia fue necesario suponer una base de cálculo por unidad de tiempo, para esto, se determinó la producción diaria de la industria. La tabla 11 indica los valores de producción mensual para cada uno de los acabados y las líneas de color. Teniendo en cuenta que la industria trabaja al mes 25 días, pero que no todos los días efectúa el mismo acabado se estableció en la siguiente tabla la frecuencia promedio con que realizan el acabado durante el mes para determinar así la producción diaria de la industria según el acabado y tipo de color (tabla 21).

Tabla 20. Frecuencia²⁷ de trabajo en el mes

Acabado Mes	Blanco mate	Blanco brillante	Blanco químico	Dorado mate	Dorado brillante	Dorado químico
Enero	12	14	16	13	18	18
Febrero	19	19	23	13	23	24
Marzo	17	16	18	12	25	25
Abril	17	20	18	10	23	22
Mayo	20	18	14	12	24	23
Junio	24	24	16	18	25	24
Julio	13	20	16	18	20	22
Agosto	16	16	14	16	24	24
Septiembre	24	24	18	14	26	27
Octubre	22	22	14	16	21	21
Noviembre	20	20	18	18	22	21
Diciembre	19	23	19	20	23	25
Promedio	18.58	19.66	17	15	22.83	23

Fuente: Las autoras.

Tabla 21. Producción diaria para el año 2002

Acabado	Producción mes (Kg/mes)	Frecuencia ²⁸ de trabajo promedio	Producción final diaria (Kg/día)
BLANCO MATE	559.36	18.58	30.10
BLANCO BRILLANTE	2029.6	19.66	103.23

²⁷ Días trabajados en el mes.

²⁸ Días de trabajo promedio en el mes, de acuerdo al acabado (establecido a partir de la tabla: Frecuencia de trabajo en el mes)

BLANCO QUIMICO	775.2	17	45.6
DORADO MATE	1161	15	77.4
DORADO BRILLANTE	1865.48	22.83	81.71
DORADO QUIMICO	1666.35	23	72.46

Fuente: Colombiana de Aluminios Ltda.

La determinación del peso en la entrada del balance según la producción mensual, se realizó a partir del estudio de tiempos y movimientos (ver anexo F), teniendo en cuenta, el peso de las piezas a la entrada y salida del proceso según el acabado y la línea de color como se observa en la tabla 22 para posteriormente relacionar el peso que entra al balance según la producción mensual promedio real (tabla 21).

Tabla 22. Peso de las piezas a la entrada y salida del proceso de anodizado

Pieza	Línea de Color	Acabado	Entrada (Kg)	Salida (Kg)
Perfil de 6m. Tipo Cuadrado 4*4	Blanco	Mate	30.1	30.14
Perfil de 6m Tipo cuadrado 4*4	Blanco	Brillante	103.2	104.05
Perfil de 3m. Tipo flauta	Blanco	Químico	45.6	45.97
Perfil de 6m. Tipo cuadrado 4*4	Dorado	Mate	77.4	77.82
Perfil de 3m. Tipo cuadrado 4*4	Dorado	Brillante	103.2	104.45
Perfil de 3m. Tipo Acanalado de ½"	Dorado	Químico	9.45	9.57

Fuente: Las autoras

Teniendo en cuenta la tabla anterior se obtiene el peso de la pieza a la entrada del proceso de anodizado donde se relacionó el peso del producto inicial y final en el estudio de tiempos y movimientos, con el peso final de la producción real. A continuación se observa el cálculo para blanco mate así:

Ejemplo de cálculo para blanco mate:

$\frac{30.1 \text{ Kg (peso final producción real)}}{30.14 \text{ Kg (peso final tiempos y movimientos)}} * 30.1 \text{ Kg (peso inicial tiempos y mov.)} = 30.06 \text{ Kg (peso inicial producción real)}$
--

Una vez estimado el peso a la entrada del proceso de acuerdo al tipo de acabado y línea de color se relaciona con la producción real. Al costado derecho de la tabla se observa la codificación de colores para las operaciones unitarias a las cuales entra la pieza según el acabado y línea de color.

Tabla 23. Peso inicial de las piezas en el proceso según la producción

Color	Acabado	Entrada (Kg/día)		Salida (Kg/día)		Operación a la que entra											
		Tiempo y movimiento	Producción real	Tiempo y movimiento	Producción real												
Blanco	Mate	30.1	30.06	30.14	30.10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Blanco	Brillante	103.2	102.38	104.05	103.23	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Blanco	Químico	45.6	45.23	45.97	45.6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dorado	Mate	77.4	76.98	77.82	77.4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dorado	Brillante	103.2	80.73	104.45	81.71	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dorado	Químico	9.45	71.59	9.57	72.46	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
TOTAL		368.95	406.97	372	410.5												

Fuente: Las autoras

Convenciones

Pulido	■	Enjuague Estático Primario	■	Enjuague Estático	■	Enjuague Estático	■	Enjuague Manual	■
Gratado	■	Enjuague Estático Secundario	■	Enjuague Manual	■	Enjuague Manual	■	Sellado	■
Brillo Químico	■	Decapado	■	Anodizado	■	Color	■		

Con la tabla anterior, se procedió a determinar la entrada de producción por operación unitaria, para esto se analizó de acuerdo al estudio de tiempos y movimientos, la cantidad de grasa, óxido y la adición de sustancia que la pieza adsorbe:

- *Determinación de grasa y óxido.*

Para determinar la cantidad de grasa y óxido que se encuentra en el producto inicial, se realizó un montaje a escala del proceso que actualmente maneja la industria estudio (Ver anexo G). Por medio de una balanza analítica²⁹, se determinaron los pesos de las muestras³⁰ antes y después de la operación. Los datos obtenidos en la industria de anodizado, fueron los siguientes³¹.

Tabla 24. Diferencia de pesos en el decapado

Pieza	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Cantidad de grasa u óxido (g)
1	17.9845	17.8696	0.1149
2	18.2117	18.0884	0.1233
3	21.6640	21.5400	0.124
4	18.2334	18.0953	0.1381
Promedio	19.0234	18.8983	0.1251

Fuente: Las autoras

²⁹ Suministrada por el laboratorio ANALQUIM

³⁰ En el caso particular de Colombiana de aluminios las muestras analizadas fueron 4 perfiles tipo 4*4 de 7cm, la inmersión fue por un periodo de 15 minutos para las cuatro.

³¹ La industria no posee operación de desengrase por lo que se supone que al momento de decapar con soda cáustica las trazas de grasa que trae la pieza se van a eliminar además de las de óxido.

Ejemplo de cálculo para Blanco mate:

<ul style="list-style-type: none"> • Peso pieza antes del decapado = 19.0234 g • Peso pieza después del decapado = 18.8983 g • Grasa y óxido contenidos en la muestra = 0.1251 g $\frac{0.1251\text{g}}{19.0234\text{ g}} * 30.06\text{kg} * \frac{1000\text{ g}}{1\text{Kg}} = 197.67\text{ g de grasa y óxido}$
--

Tabla 25. Gramos de grasa y óxido según el acabado y la línea de color

Línea de color	Acabado	Grasa y oxido (g)
Blanco	Mate	197.67
Dorado	Mate	506.22

Fuente: Las autoras

A partir de los resultados de la tabla anterior que indican la cantidad de grasa u óxido removida de la pieza representada en la disminución del peso, se presenta la tabla 26 que indica la producción real que entra a las operaciones de enjuague estático una vez se ha efectuado el decapado.

Tabla 26. Producción que entra a las operaciones siguientes del decapado.

LINEA DE COLOR	ACABADO	Producción (Kg)
Blanco	Mate	29.86
Dorado	Mate	76.48

Fuente: Las autoras

- *Determinación de Adsorción.*

Para la determinación de la adsorción se determinó el peso de una muestra: perfil de 15cm tipo 4*4, antes y después de cada operación unitaria con la ayuda de una balanza analítica, la práctica arrojó como resultado que las operaciones en las cuales se desarrolla un incremento de peso fueron: anodizado y coloreado, lo que significa que las operaciones correspondientes a brillo químico, enjuagues estáticos y manuales y sellado no presentan adsorción de la solución en la superficie de la pieza, efectuando acabado a la pieza, remoción de partículas y fijación del recubrimiento respectivamente.

Para determinar la capacidad de adsorción de la pieza se consideró:

- Peso de la muestra antes del anodizado = 21.2254g
- Peso de la pieza después del anodizado = 21.4018g
- Peso de la pieza después del coloreado = 21.4854g

A continuación se determina la capacidad de adsorción de la pieza, de acuerdo al producto inicial y al tipo de acabado y la línea de color.

Ejemplo de cálculo para dorado Mate

$$\text{Anodizado} \quad \frac{0.1764\text{g}}{21.2254\text{g}} * 76.48\text{Kg} * \frac{1000\text{g}}{1\text{Kg}} = 635.60\text{g de adsorción}$$

El incremento de color es de 0.63 Kg lo que significa que el peso de la pieza al entrar a coloreado es de 77.11Kg.

$$\text{Coloreado} \quad \frac{0.0836\text{g}}{21.4018\text{g}} * 77.11\text{Kg} * \frac{1000\text{g}}{1\text{Kg}} = 301.20\text{g de adsorción}$$

El incremento de color es de 0.30 Kg lo que significa que el peso de la pieza al entrar a enjuague manual es de 77.4 Kg, siendo este el peso final pues en los enjuagues y sellado no se presenta adsorción, como ya se mencionó anteriormente.

La tabla 27 muestra la adsorción de anodizado y coloreado teniendo en cuenta la línea de color y el acabado.

Tabla 27. Adsorción de la pieza, teniendo en cuenta el acabado y la línea de color

Línea de color	Acabado	Adsorción anodizado (g)	Adsorción coloreado (g)
Blanco	Mate	197.67	-
Blanco	Brillante	850.85	-
Blanco	Químico	375.89	-
Dorado	Mate	635.60	301.20
Dorado	Brillante	670.93	317.96
Dorado	Químico	594.97	282

Fuente: Las autoras

A partir de los resultados de la tabla anterior que indican la cantidad de adsorción de la pieza representada en el aumento del peso, se presenta la tabla 28, que indica la producción real que entra a las operaciones, a partir del peso inicial de producción y teniendo en cuenta: la pérdida de peso en el decapado y el incremento en el anodizado y coloreado.

Tabla 28. Producción que entra por operación unitaria, teniendo en cuenta la línea de color y el tipo de acabado.

Línea de color	Acabado	Peso inicial (Kg)	Peso decapado (Kg)	Peso anodizado (Kg)	Peso coloreado (Kg)	Peso final (Kg)
Blanco	Mate	30.06	29.86	30.10	-	30.10
Blanco	Brillante	102.38	-	103.23	-	103.23
Blanco	Químico	45.23	-	45.6	-	45.6
Dorado	Mate	76.98	76.48	77.11	77.4	77.4
Dorado	Brillante	80.73	-	81.40	81.71	81.71
Dorado	Químico	71.59	-	72.18	72.46	72.46

Fuente: Las autoras

A partir de la tabla anterior y considerando las operaciones unitarias a las que entra cada proceso teniendo en cuenta la línea de color y acabado, visto en la tabla 22, se observa a continuación la producción total que entra a cada una de las operaciones unitarias.

- Pulido: 183.11 Kg
- Gratado: 107.04 Kg
- Brillo Químico: 116.82 Kg
- Enjuague Estático Primario: 116.82 Kg
- Enjuague Estático Secundario: 116.82 Kg
- Decapado: 107.04 Kg
- Enjuague Estático: 106.34 Kg.
- Enjuague Manual: 106.34 Kg
- Anodizado: 406.27 Kg.
- Enjuague Estático: 409.62 Kg.
- Enjuague Manual: 409.62 Kg.
- Coloreado: 230.69 Kg.
- Enjuague Manual: 231.57 Kg
- Sellado: 410.5 Kg

- Entradas de materia primas en cada operación unitaria.

De acuerdo al porcentaje de materia prima que se suministra y al volumen de cada tina, se determina el volumen de reactivos que se les agrega a cada una de estas. Los datos anteriores, nos permitieron formular las entradas de reactivo y agua en cada una de las operaciones. Estos resultados se encuentran compilados en las siguientes tablas.

Tabla 29. Volumen de materia prima por operación unitaria

Tina	volumen (m ³)	materia prima	Porcentaje de materia prima (%)	Volumen de materia prima (m ³)
Brillo químico	0.093	H ₂ SO ₄	47.61	0.044
		H ₂ PO ₄	47.61	0.044
		HNO ₃	4.76	0.0044
Enjuague B.Q. Primario	1.26	Agua	100	1.26
Enjuague B.Q. Secundario	0.55	Agua	100	0.55
Anodinado	6.24	H ₂ SO ₄	15	0.936
		Agua	85	5.304
Enjuague Estático	1.51	Agua	100	1.51
Decapado	2.55	NaOH	20	0.51
		Agua	80	2.04
Enjuague Estático	1.76	Agua	100	1.76
Color	0.55	Color	10	0.055

		Agua	88.75	0.488
		A. oxálico	1.24	0.006862
Sellado	1.9	Agua	100	1.9

Fuente: Colombiana de Aluminios y Las Autoras

Por medio de la información obtenida en la tabla anterior, se determinan las entradas de reactivos en cada una de las tinas. Para verificar la entrada de sustancias químicas por operación unitaria en el balance de materia, considerando que en la práctica la industria colombiana de aluminios Ltda. maneja tres acabados y dos líneas de color para un total de seis procesos y que no todos los procesos son iguales, se determina en el anexo H, la entrada real de materia prima a cada operación unitaria según la línea de color y el tipo de acabado. A partir de la entrada de sustancias químicas por operación unitaria según la línea de color y el tipo de acabado se establecieron las entradas de sustancias químicas para estas. Los resultados se presentan en la siguiente tabla

Tabla 30. Entradas de sustancias químicas por operación unitaria

Operación unitaria	Sustancia química	Porcentaje de reactivo agregado de acuerdo al volumen de la tina ³² (%)	Consumo diario de sustancia química en la operación (kg/día)	Densidad (Kg/L),	Porcentaje de concentración comercial (%)	Volumen del reactivo ³³ (L)	Consumo en la tina de sustancia química concentrada (Kg) ³⁴
Brillo químico	H ₂ SO ₄	47.61	26.42	1.84	98	14.36	26.143
	H ₃ PO ₄	47.61	26.42	1.65	85	16.01	24.03
	HNO ₃	4.76	2.63	1.4	54	1.87	1.765
Decapado	NaOH	20	5.84	2.13	98	2.74	5.78
Anodizado	H ₂ SO ₄	15	12.636	1.84	98	6.86	12.49
Color	Color	0.055	4.701	1.80	-	2.61	2.61
	H ₂ C ₂ O ₄	0.006862	0.579	1.04	99.6	0.55	0.576

Fuente: Colombiana de Aluminios y Las Autoras

En la tabla 31 se determina la entrada de agua total en cada tina del proceso, de acuerdo a la sumatoria del aporte de agua que se da en la disolución de sustancias químicas y al consumo de agua que se le agrega a cada tina para mantenerla en un volumen adecuado (ver anexo I).

³² Cantidad de sustancia química que se agrega de acuerdo al volumen de la tina.

³³ Determinado con el consumo y densidad de sustancia química en cada tina (columna 4 y 5).

³⁴ Este consumo corresponde al porcentaje de concentración de sustancia química que entra al baño. (Ej. 26.42Kg de H₂SO₄ tienen una densidad de 1.84 Kg en cada litro, obteniendo 14.36L de solución de H₂SO₄ de los cuales 287.2 gramos son agua y 0.1L son H₂SO₄, es decir que 26.1428Kg corresponden a H₂SO₄ concentrado).

Tabla 31. Entrada de agua por tina u operación unitaria

Tina	Agua proveniente de	% de Volumen de agua potable en la tina	Aporte de agua en la disolución de sustancias químicas (Kg) ³⁵	Consumo de agua Diario en la industria (Kg)	Entrada de agua (Kg) ³⁶
Gratado	Agua potable	-	-	8.75	8.75
Brillo Químico	H ₂ SO ₄	-	0.28	-	3.544
	H ₃ PO ₄	-	2.40	-	
	HNO ₃	-	0.864	-	
Enjuague Estático Primario	Agua potable	100	-	126	126
Enjuague Estático Secundario	Agua recirculada	100	-	110	110
Decapado	NaOH	-	0.054	-	23.44
	Agua potable	80	-	23.386	
Enjuague Estático	Agua Recirculada	100	-	420	420
Enjuague Manual	Agua potable	-	-	229.92	229.92
Anodizado	H ₂ SO ₄	-	0.137	-	71.827
	Agua	80	-	71.69	
Enjuague Estático	Agua Recirculada	100	-	309	309
Enjuague Manual	Agua potable	-	-	482.86	482.86
Color	H ₂ C ₂ O ₄	-	0.00	-	41.69
	Agua potable	88.75	-	41.69	
Enjuague Manual	Agua potable	100	-	299.68	299.68
Sellado	Agua potable	100	-	192	192

Fuente: Colombiana de Aluminios y las autoras

Para determinar el aporte de agua en la disolución de sustancias químicas se evaluó el consumo diario en cada tina al cual se le resto el consumo de sustancia química concentrada. La cuantificación de entrada de agua, se obtuvo a partir de la sumatoria del aporte de agua en la disolución de sustancias químicas y el consumo de agua diario en la industria para cada operación. El mayor consumo de agua potable se observa en las operaciones de enjuague por aspersion.

De acuerdo a la tabla anterior, el consumo diario de agua utilizado en el proceso corresponde a 1475.976L³⁷; por consiguiente el consumo realizado durante un mes de trabajo, corresponde a

³⁵ Consumo diario de sustancia química en cada tina – Consumo en la tina de sustancia química concentrada

³⁶ Es la suma de la columna 4 y 5.

³⁷ Este valor indica el consumo diario de agua potable en la industria, se obtiene sumando los consumos de agua potable sin tener en cuenta los consumos de agua recirculada.

28.09m³³⁸. En la tabla 19 donde se establece el consumo de agua industrial mensual durante el año 2002, se observa un consumo de 28.16m³, es decir, que este corresponde al gasto que se efectúa al desarrollar el proceso de anodizado.

- Cuantificación de las salidas del proceso

Para el desarrollo del balance de materia, se deben considerar en las salidas de cada una de las operaciones los arrastres, la evaporación en cada una de las tinas y la adsorción de sustancia química en la pieza. En la tabla 34 se observa el diagnóstico realizado en la industria estudio de acuerdo a la tabla de tasa de evaporación y al análisis de tiempos y movimientos para determinar la evaporación y el arrastre por m² en un día de trabajo. Antes de desarrollar la tabla se hace un ejemplo de cálculo para la producción m²/día según la superficie de la pieza.

Ejemplo de cálculo para blanco mate:

En el decapado para Blanco Mate entra una producción real de 30.1Kg de piezas, correspondientes a perfiles de 6m tipo 4*4. El área de cada pieza es de 1.77m².

En el análisis de tiempos y movimientos se determinó que eran 1.77 m² * 14 piezas. Es decir que:

- En 30.1 Kg (producción de tiempos y movimientos) de perfiles hay 24.856m², y en 30.06 Kg(producción real) hay 24.82 m².

Como se observa en la tabla 34, el valor calculado de arrastre y evaporación está dada en Litros, para determinarlo en Kilo-gramos se debe conocer la densidad en cada una de las tinas. De acuerdo a los análisis realizados de acuerdo a los grados Baumé y a la ecuación 1, se obtuvo en la siguiente tabla la densidad en cada una de las tinas:

Ecuación 1. Densidad de la tina

$$\rho = 144.3 / (144.3 - n)$$

Donde:

ρ = Densidad de la tina

n = Grados Baumé

144.3 = Constante

La anterior ecuación, desarrolla la conversión de densidad a unidades kg/L a partir de los grados Baumé y una constante equivalente a 144.3.

³⁸ Este valor resulta de multiplicar el consumo diario por la frecuencia de trabajo en el mes que es de:19 días (Ver tabla 39), si se tiene en cuenta que no todos los días del mes se realizan los seis procesos.

Tabla 32. Densidad establecida a partir de los grados Baumé

Tina	°Baume medidos en la tina	Densidad (Kg/L)
Brillo Químico	64.13	1.80
Enjuague Estático primario	12	1.090
Enjuague Estático Secundario	1.2	1.00
Decapado	6	1.043
Enjuague Estático	1.2	1.00
Anodizado	19.2	1.153
Enjuague estático	1.2	1.00
Coloreado	0	1
Sellado	0	1

Fuente: Las autoras

- Evaporación y Arrastre

Para el cálculo de la evaporación se tuvo en cuenta la tabla 33 donde efectúa una correlación de la temperatura de la tina y la velocidad de aspiración.

Tabla 33. Tasa de evaporación específica.

Temperatura (°C)	Velocidad de la corriente de aspiración (m/s)				
	0.3	0.5	1	2	3
20	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9
50	2.0	2.2	2.5	3.2	3.8
70	5.5	5.9	6.8	8.6	10.4
90	15.0	16.0	18.5	23.4	28.4

Fuente: Manual de recubrimientos electrolíticos

En la industria al no poseer ningún sistema de aspiración se asume una velocidad de corriente de 0.3m/s. Una vez se calculó la tasa de evaporación específica se consideró la superficie del baño en m², para obtener la evaporación en Lsln/hora, multiplicando la columna 4 y 5 de la tabla 34. El cálculo del periodo de evaporación se determinó considerando el tiempo al cual permanece la tina a la temperatura específica; en algunas operaciones unitarias se manejaron dos temperaturas debido a que la temperatura a la cual está la tina solo se mantiene en el tiempo en que se encuentra el sistema de calentamiento encendido, las demás horas restantes del día, la temperatura de la tina será ambiente. Este resultado es la sumatoria del tiempo de evaporación para cada operación, teniendo en cuenta el tipo de acabado y línea de color (anexo J) este periodo de evaporación se obtuvo para calcular la evaporación diaria multiplicando la columna cinco y seis de la tabla 53, el resultado que se obtuvo está dado en Lsln/día, para la conversión en kg/día se multiplicó el resultado y la densidad de la tina obtenida en kg/L.

Tabla 34. Análisis de arrastre y evaporación en cada una de las tinas

TINA	EVAPORACIÓN							ARRASTRE			
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s)	Tasa de evaporación específica (L (m ² *h)	Superficie del baño (m ²)	Evaporación (L sin/Hora)	Tiempo de Evaporación (Hora)	Evaporación (Kg Sin/día)	Arrastre específico (L/m ² superficie de pieza)	Producción (m ² /Día superficie pieza)	Arrastre (L Solución/Día)	Arrastre (Kg. solución/Día)
Brillo químico	60	0.3	3.75	1.86	6.975	2	25.11	0.0085	61.38	0.5232	0.9417
	Ambiente	0.3	0.4	1.86	0.744	22	29.46				
Enjuague estático primario	Ambiente	0.3	0.4	1.64	0.656	24	17.16	0.029	61.38	1.828	1.9925
Enjuague estático secundario	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.013	61.38	0.8003	0.8003
Gratado	Ambiente	-	-	-	-	-	-	0.0099	88.4	8.75	8.75
Decapado	Ambiente	0.3	0.4	2.83	1.132	24	28.33	0.00966	88.4	0.854	0.890
Enjuague estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	24	24.192	0.01448	88.4	1.28	1.28
Anodizado	Ambiente	0.3	0.4	6.93	2.772	24	76.70	0.01288	267	3.45	3.98
Enjuague estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	24	21.192	0.0130	267.67	3.5	3.5
Color	70	0.3	5.5	2.20	12.1	2	24.2	0.0177	143.95	2.553	2.553
	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	22	19.36				
Sellado	63	0.3	4.27	3.78	1.512	2	32.28	0.0153	267.67	4.1	4.1
	Ambiente	0.3	0.4	3.78	12.1	22	33.264				

Fuente: Las autoras

El cálculo de la producción se hizo a partir de la sumatoria de las producciones específicas a cada operación unitaria de acuerdo a el tipo de acabado y la línea de color.

En la tabla anterior se observa en la operación de anodizado, un alto valor en el arrastre y evaporación debido a que es la tina de mayor área superficial y la que maneja los más altos volúmenes de producción, teniendo en cuenta que todas las piezas desarrollan la deposición electrolítica.

La operación de enjuague manual se excluyó en este análisis, ya que este vertimiento es conducido a un tanqu de almacenamiento herméticamente sellado impidiendo la evaporación del agua.

2.2.1.11.3 *Medición de los niveles de reutilización y/o reciclaje de Residuos*

Actualmente la industria desarrolla un sistema de recirculación de aguas, para la recarga de los enjuagues estáticos de decapado, anodizado y brillo químico secundario. Además, de la venta del baño agotado del enjuague primario de brillo químico. Estos sistemas de reutilización y reciclaje se observan en la tabla 35.

Tabla 35. Procesos adoptados por la planta para reutilización o reciclaje de residuos

Proceso adoptado	Beneficio
RECIRCULACIÓN DE AGUAS DE LAVADO POR ASPERSIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ● Técnico y Económico: Disminución anual en el consumo de agua de 251.7m³.
RECICLAJE DE AGUAS PROVENIENTES DEL ENJUAGUE PRIMARIO DE BRILLO QUIMICO	<ul style="list-style-type: none"> ● Ambiental: Disminución mensual en los vertimientos procedentes de los enjuagues de brillo químico en 2670Lt. ● Técnico y Económico: Venta de agua procedente del enjuague de brillo químico con un ingreso mensual de \$30000.

Fuente: Las autoras.

De acuerdo a la tabla anterior, se describen los procesos adoptados por la industria:

1. Recirculación de Aguas de Lavado: Las aguas alcalinas y ácidas provenientes del lavado por aspersión, son colectadas en un tanque de 2000L donde son conducidas por bombeo a una tina de 2.52m³, con el fin de estabilizar el pH y sedimentar partículas, para luego ser reutilizadas en las tinas de enjuague estático posteriores a la inmersión de las tinas de decapado, anodizado y brillo químico. Con la adopción de esta práctica el consumo de agua disminuyó en el orden de 251.7m³/año Los lodos generados en la tina son colectados en sacos y ubicados en la zona de anodinado, para luego ser llevados a disposición final.

2. Reciclaje de Aguas provenientes del Enjuague Primario de Brillo químico: El residuo proveniente del enjuague de brillo químico primario, se dispone en contenedores de 5gal para comercializar a empresas destinadas a realizar decapado en el proceso de zincado. Con la adopción de esta práctica se dejan de verter 2.67 m³/mes Aprox. 32.04 m³/Año de aguas residuales ácidas con altos contenidos de fosfatos y nitratos, y se reciben ingresos mensuales de \$30.000 por venta del residuo.

- *Determinación de las salidas*

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente, se especifica en la siguiente tabla, las salidas para el balance en cada una de las operaciones unitarias de la industria de anodizado a partir de la composición de materia prima y agua. En la tabla 36 se obtienen las sumatoria de las salidas para cada operación unitaria de acuerdo al tipo de acabado y línea de color.

Otra salida a tener en cuenta, son los lodos que se forman en cada una de las tinas de las operaciones. Estas son retiradas de las tinas, así: lodos procedentes de las tinas de decapado: una vez al año, y para los lodos procedentes de la tina de recirculación: dos veces al año.

Cantidad de lodo generado: Tina de Recirculación = 17 Kg/6m = 2.83 Kg/mes Tina de Decapado = 18.73 Kg/6m = 3.12 Kg/mes Tina de Anodizado = 145.11 Kg/3m = 48.37/mes En las tinas de enjuague, color, sellado y brillo químico no se alcanza a formar lodos, ya que: los componentes de la solución de la tina de color no forman lodos, el agua de los enjuagues se bombea a la tina de recirculación permitiendo con esto que los sedimentos pasen a este, el agua de la tina de sellado debe permanecer sin impurezas ya que de su transparencia depende la calidad final del producto, por último la tina de brillo químico se volatiliza; siendo recargado semanalmente evitando la formación de lodo. La industria produce mensualmente 54.32 Kg de lodo.

Como se observó en la tabla de entrada de agua (tabla 15), los enjuagues manuales presentaron el mayor consumo de agua potable, entre las operaciones unitarias, por consiguiente se generó el vertimiento más alto (ver tabla 36).

2.2.1.11.4 *Diagrama de la situación actual.*

Teniendo en cuenta los resultados en el desarrollo del balance de materia, se presentan a continuación los esquemas de la situación actual en la industria de anodizado, la figura 12, presenta el consumo de agua potable, la recirculación de aguas de lavado y la generación de agua residuales, la figura 13 muestra el consumo de materias primas y la producción de residuos a partir de estas.

Tabla 36. Salidas por operación unitaria en cada una de las tinas

Tina	Abastecimiento	Evaporación		Arrastre		Adsorción		Gasto Manual ³⁹		Descarga diaria Kg/día	Salidas Kg/día
		%	Kg/día	%	Kg/día	%	Kg/día	Reutilización (82.86%)	Vertimiento (17.14%)		
								Kg/día	Kg/día		
Brillo Químico	H ₂ SO ₄	47.61	25.976	47.61	0.4471	47.61	-	-	-	-	26.42
	H ₂ PO ₄	47.61	25.976	47.61	0.4471	47.61	-	-	-	-	26.42
	HNO ₃	4.76	2.597	4.76	0.0447	4.76	-	-	-	-	2.64
Enjuague Estático primario	Agua Potable	100	17.16	100	1.99	100	-	-	-	106.85	126
Enjuague Estático secundario	Agua de enjuague Manual	100	13.92	100	0.79	100	-	-	-	95.29	110
Gratado	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	-	-	8.75	8.75
Decapado	NaOH	20	5.668	20	0.178	20	-	-	-	-	5.844
	Agua Potable	80	22.672	80	0.712	80	-	-	-	-	23.386
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	24.192	100	0.3312	100	-	-	-	395.47	420
Enjuague Manual	Agua Potable	-	-	-	-	-	-	190.51	39.91	-	229.92
Anodizado	H ₂ SO ₄	15	11.55	15	0.5955	15	0.5022	-	-	-	12.64
	Agua Potable	85	65.48	85	3.374	85	2.846	-	-	-	71.70
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	24.192	100	3.50	100	-	-	-	281.31	309
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	400.1	82.76	-	482.86
Coloreado	Color	10	4.353	10	0.2553	10	0.09	-	-	-	4.69
	A. Oxálico	1.24	0.54	1.24	0.031	1.24	0.011	-	-	-	0.58
	Agua Potable	88.75	38.631	88.75	2.2651	88.75	0.796	-	-	-	41.69
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	248.32	51.36	-	299.83
Sellado	Agua Potable	100	131.08	100	4.10	100	-	-	-	56.82	192

Fuente: Las autoras

³⁹ Representa las salidas por lavado manual, de las cuales un 82.86% se recircula y un 17.14% se vierten al alcantarillado.

2.2.1.11.5 *Gasto Mensual*

El gasto mensual que la industria realiza para la compra de reactivos, pago de servicios públicos y otros gastos generados en ésta, se observa a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 37. Gasto mensual del consumo de materias primas en el proceso

Sustancias químicas de proceso	Densidad (Kg/L)	Adquisición de materia prima mensual (Kg)	Costo del reactivo (\$ /Forma de venta)	Gasto mensual (\$)
Ácido Fosfórico	1.65	665	1950/1K	1296750
Ácido Nítrico	1.4	80	500/1K	40000
Ácido Oxálico	1.04	25	2200/1K	55000
Ácido Sulfúrico	1.84	1000	380/1K	380000
Color	1.80	96	3500/1K	336000
Soda cáustica	2.13	150	1600/1K	240000
Pasta	-	12	5400/1K	64800
Total				2'412.550

Fuente:Las autoras.

Tabla 38. Gasto mensual del consumo de energía y agua en la industria

Servicios públicos en la industria	Consumo mensual	Costo del servicio (\$ /Indicador)	Gasto mensual (\$)
Energía	1085 KW/h	177.3267	192399.46
Agua	28.09m ³	2087.76	58645.18
Total			\$250984.63

Fuente:Las autoras.

Tabla 39. Otros gastos mensuales

Otros gastos	Gasto mensual (\$)
Pago de Trabajadores	1.920.000 ⁴⁰
Equipo de protección laboral	10000
Total	1.930.000

Fuente:Las autoras.

Tabla 40. Gasto mensual total en la industria

Gastos	Gasto mensual (\$)
Sustancias químicas de proceso	2412550
Servicios públicos	250984.63
Otros	1.930.00
Total	4.593.534.63

Fuente:Las autoras.

2.2.1.11.6 *Caracterización de las aguas residuales*

De acuerdo a los análisis físico-químicos realizados por el convenio DAMA-IDEAM, se verificó el cumplimiento de la resolución 1074/97 del DAMA, con el fin de establecer las cargas contaminantes vertidas al alcantarillado. El resultado de estos parámetros se utilizará en el capítulo 3 como herramienta en el desarrollo de los indicadores.

- *Descripción del muestreo*

Se encontró que la industria no cuenta con caja de aforo para aguas industriales; solo existe una caja interna, pero debido a que se encontraba sellada, no se pudo ubicar como punto de muestreo. El punto y toma de muestra fué realizado por el DAMA de acuerdo a los estándares suministrados por el IDEAM. Para la caracterización de las aguas residuales en la industria, se tomó una muestra puntual que correspondió al punto donde se vierten las aguas de enjuague estático de anodizado, decapado y brillo químico secundario.

El reporte de datos correspondiente a la descarga, tomados en campo se observa en la siguiente tabla:

Tabla 41. Parámetros medidos in situ para las muestras puntuales

Descarga	1
Día	01/10/02
Hora de Inicio	1:55 p.m
Hora de Salida	2:20 p.m
pH (Norma 1074 = 5-9)	6
Temperatura (Norma 1074 <30°)	15.3
Caudal (l/s)	0.028
Conductividad	1727

Fuente: DAMA

- *Parámetros físico-químicos*

En la siguiente tabla se enuncian los análisis de laboratorio para verificar el cumplimiento de cada una de las descargas en la industria, de acuerdo a la resolución 1074/97 del DAMA.

Descarga 1

Tabla 42. Análisis de laboratorio para la descarga d1

Parámetros	Unidades	Técnica Analítica	Resultados D1	Norma DAMA	Estado
DQO	Mg/L O ₂	Micro DQO Reflujo	50	1000	Cumple
DBO	mg/L O ₂	Incubación 5 días	2	2000	Cumple
SST	mg/L	Gravimétrico	57	800	Cumple
SS	mL/L	Volumétrico	4	2	Incumple
GRASAS Y ACEITES	mg/L	Gravimétrico	8	100	Cumple
CIANURO	mg/L	Electrodo Selectivo	0.03	1	Cumple
COBRE	mg/L Cu	Espectofotométrico	0.09	0.25	Cumple
CROMO TOTAL	mg/L Cr	Espectofotométrico	0.09	1	Cumple
CROMO VI	mg/L Cr	Espectofotométrico	0.005	0.5	Cumple
FENOLES	mg/L	Colorimétrico	0.08	0.2	Cumple
FOSFORO TOTAL	mg/L	Digestión con ácido	1.12	S.N	-
HIDROCARBUROS	mg/L	Gravimétrico	8	S.N	-
NIQUEL	mg/L Ni	Espectofotométrico	0.16	0.2	Cumple

⁴⁰ Salario mensual * Número de trabajadores

SULFURO	mg/L	Volumétrico	0.37	1.0	Cumple
SAAM	mg/L SAAM	Sustancias Activas	0.3	20 ⁴¹	Cumple
ZINC	mg/L	Espectofotométrico	0.08	5	Cumple
Aluminio	mg/L	Adsorción atómica	346.27	S.N	-

Fuente: DAMA

S.N: Sin Norma

Como se observa en la tabla anterior los parámetros que incumplen con la norma son sólidos sedimentables y aluminio, aunque este último no tiene normatividad es el principal constituyente de los vertimientos en la industria de anodizado.

2.2.2 ZN'S INVERSIONES SUÁREZ Y RIOS LTDA. (planos Anexos L y M)

2.2.2.1 Generalidades

Zn's Inversiones Suárez y Ríos, es un taller de tratamientos superficiales a terceros dedicados a procesos de zincado. Presta su servicio al sector de ferretería y cerrajería entre otros. En la siguiente tabla se observan las características actuales de la industria.

Tabla 43. Datos generales de la industria Zn's Inversiones Suárez Ltda.

Datos generales de la empresa	
NOMBRE DE LA EMPRESA	ZN'S INVERSIONES SUÁ REZ RÍOS LTDA.
DOMICILIO SOCIAL	CALLE 36 SUR N° 62-02
BARRIO	CARVAJAL
PERSONA EN CONTACTO	OMAR SUÁREZ
CARGO EN LA EMPRESA	GERENTE
NO. TELÉFONO	2 387277
NO. FAX	7 134493
SECTOR INDUSTRIAL	APLICACIÓN POR ELECTRÓLISIS DE ZINC.
CLASIFICACIÓN CIIU ⁴²	289201. Zincado, cromado, plateado, cadmeado, cobrizado y niquelado
PRINCIPALES PRODUCTOS	RECUBRIMIENTO ELECTROLÍTICO DE ZINC COMO MODIFICADOR DE SUPERFICIES EN PIEZAS PEQUEÑAS (TORNILLOS, HERRAJES, BUJES, QUEMADOR DE ESTUFAS Y GRANDES (TUBERÍAS) DE HIERRO.
NO. DE EMPLEADOS	6
PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO	2
PERSONAL DE PRODUCCIÓN	4
NO. HORAS TRABAJADAS AL AÑO	9408
NO. MESES/AÑO TRABAJADO	12
NO. DÍAS/ SEMANA	6
NO. HORAS/TURNO	8
NO. TURNOS/DÍA	1

Fuente: Zn's Inversiones Suárez Ltda.

⁴¹ Resolución 1596/01

⁴² CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ, Op cit.

2.2.2.2 Antecedentes, objetivos y alcance de la industria

Esta industria lleva 15 años en el mercado galvánico, en el cual se han empleado una serie de mejoras en su proceso, enfocados a la calidad del producto, reducción de costos y mejoramiento en el desempeño ambiental. Su actividad principal, es la de zincado de piezas de hierro para uso decorativo y ensamblaje. El objetivo de la industria es dar un recubrimiento a la pieza, evitando su corrosión y proporcionando mayor resistencia y durabilidad. Su visión es adecuar un proceso óptimo con la implementación de buenas prácticas y la adopción de nuevas tecnologías. La preocupación por mejorar el proceso y la calidad del producto ha llevado a la industria a ser participante⁴³ de comités creados para la concertación entre entidades públicas, industriales del sector y proveedores de insumos y materia química.

2.2.2.3 Distribución de la planta

El espacio es tan limitado que impide cualquier ampliación en la Industria. Actualmente, está compuesta por cinco zonas, descritas de la siguiente forma:

2.2.2.3.1 *Zona de almacenamiento de producto sin tratamiento.*

Esta zona recibe y almacena la pieza de hierro a recubrir. Las piezas de menor tamaño como tornillos, herrajes, bujes, quemadores para estufa, son almacenadas en contenedores de 15L.

2.2.2.3.2 *Zona de almacenamiento de producto terminado.*

Tiene por objeto el almacenamiento de las piezas una vez han pasado por todo el proceso de acabado; además, las piezas de gran tamaño son descargadas en esta zona para secarse a temperatura ambiente.

2.2.2.3.3 *Zona administrativa.*

Aquí se llevan los registros de todas las materias primas utilizadas en el proceso (incluyendo recibos de compra), se efectúa la comercialización directa de los productos que realiza la planta, maneja los ingresos y egresos que tiene la empresa, además cuenta con un sistema de archivo donde se compila toda la información de materias primas adquiridas, recibos de servicio público, facturas de compra de materia prima y de venta de productos, además, el manejo de nómina y auditorias realizadas por el DAMA.

⁴³ Las industrias participantes en el convenio DAMA -Unidad del Sector Galvánico son: Industria Tiber y CIA Ltda, Cromosol, Industria Electroquímica Ltda, Ingecrom Ltda, Ferrozincal Ltda., Recubplast, Recubrimientos galvanicos de Colombia, Indusel, Tecnialambre S.A, Alquimia Ltda. y Zn's Inversiones Suárez y Ríos

2.2.2.3.4 *Zona de almacenamiento de sustancias químicas.*

Esta zona, se divide en dos áreas. La primer área, se encuentra a unos centímetros de la zona de proceso, por la necesidad de ventilación natural, permitiendo el acopio el ácido crómico, sulfúrico y nítrico correspondiente a las operaciones de decapado y pasivado. La segunda área, se encuentra en la parte posterior de la industria, aquí se almacenan las demás sustancias químicas pertenecientes al proceso.

2.2.2.3.5 *Zona de zincado.*

Aquí se desarrollan todos los procesos que se le da a la pieza, por medio del recubrimiento electrolítico. Esta zona de zincado está compuesta de cinco operaciones⁴⁴ y enjuagues entre cada una de estas. Las operaciones se desarrollan en treinta y tres tinas dispuestas a lo largo de la planta, de los cuales seis tambores y dos bastidores están siendo utilizados actualmente para las operaciones de zincado. Las características de las tinas donde se definen el dimensionamiento y material de fabricación se observan en la siguiente tabla.

Tabla 44. Características de las tinas

Tina	Material	Dimensiones						
		Largo (M)	Ancho (M)	Alto (M)	Diámetro (M)	Borde Libre (M)	H Útil (M)	Volumen (M ³)
Desengrase	Hierro revestido de Resina	1.20	0.64	1.20		0.08	1,12	0.86
Enjuague A	Plástico			0.65	0.54	0.10	0,55	0.12
Enjuague B	Plástico			0.65	0.54	0.10	0,55	0.12
Decapado 1	Hierro revestido con cubierta de vidrio.			0.40	0.50	0.15	0,25	0.049
Decapado 2	Hierro revestido con cubierta de vidrio.	1.00	0.70	0.73		0.25	0,48	0.34
Decapado 3	Hierro revestido con cubierta de vidrio.	6.20	0.80	0.73		0.20	0,53	2.63
Enjuague C	Plástico			0.75	0.60	0.10	0,65	0.18
Neutralización 1	Hierro revestido con PVC			0.75	0.55	0.20	0,55	0.13
Neutralización 2	Hierro revestido con PVC	1.70	0.65	0.65		0.20	0,45	0.49
Bastidor Zincado 1	Hierro revestido de resina	6.36	0.81	1.21		0.10	1,11	5.72
Bastidor Zincado 2	Hierro revestido de resina	3.00	0.50	1.00		0.10	0,9	1.35
10 Tambores de zincado (actualmente funcionan 6)	Hierro revestido de resina	0.85	1.15	0.90		0.30	0,6	0.59
Enjuague D	Plástico			0.75	0.60	0.20	0,55	0.15
Enjuague E	Plástico			0.50	0.55	0.25	0,25	0.05

⁴⁴ Desengrase, Decapado, Neutralización, Zincado, Acabado (pasivados)

Enjuague F	Plástico			0.70	0.60	0.10	0,6	0.16
Enjuague G	Plástico			0.70	0.60	0.10	0,6	0.16
Activado ácido nítrico	Hierro revestido de resina			0.50	0.55	0.15	0,35	0.08
Pasivado Azul	Hierro revestido de resina			0.75	0.55	0.20	0,55	0.13
Enjuague H	Plástico			0.75	0.55	0.05	0,7	0.16
Pasivado Irisado	Hierro revestido de resina	0.80	0.55	0.60		0.15	0,45	0.19
Enjuague I	Plástico			0.55	0.55	0.10	0,45	0.10
Pasivado verde oliva	Hierro revestido de resina			0.65	0.45	0.20	0,45	0.071
Enjuague J	Plástico			0.65	0.45	0.20	0,45	0.071
Sellado con agua caliente	Hierro revestido de resina			0.90	0.60	0.05	0,85	0.24

Fuente: Las autoras

2.2.2.4 Características técnicas de la instalación

Construcción en ladrillo, bloque y concreto con sus respectivas adecuaciones. Instalaciones sanitarias, sistemas hidráulicos para la recolección de las aguas residuales industriales, sin separación de redes. El techo en la zona de producción es de teja ondulada de plástico y gres, con ventilación natural en la parte lateral, las demás zonas están cubiertas por concreto.

2.2.2.5 Equipos

En el capítulo anterior, se describieron los criterios técnicos de los equipos utilizados en el sector galvanostégico. Por otro lado, en el presente ítem, se identifican en las siguientes tablas, las características de los equipos utilizados dentro de la industria estudio (ver anexo L).

Tabla 45. Características de las resistencias.

Equipo	Operación	Horas de trabajo (Horas)	Temperatura (°C)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Material de recubrimiento	Tamaño (m)	Tipo de carga
Resistencia	Desengrase	24	39	1500	220	Hierro revestido con resina	0.8	Bifásico
Resistencia	Secado con agua caliente	8	31	2500	220	Titanio	1	Bifásica

Fuente: Zn's Inversiones Suárez y Ríos

°C: Grados Centígrados
A: Amperios
V: Voltios
m: metros

Tabla 46. Características de los rectificadores.

Equipo	Operación	Horas de trabajo (Horas)	Capacidad instalada (A)*	Voltaje (V) *	Tipo de refrigerante	Tipo de carga
Rectificador 1 ⁴⁵	Tambores	8	2000	11	Aceite	Trifásico
Rectificador 2	Tambores	8	1000	11	Aire	Trifásico
Rectificador 3	Bastidor 2	8	2000	11	---	Trifásico
Rectificador 4	Bastidor 1	8	2000	11	Aceite	Trifásico

Fuente: Zn´s Inversiones Suárez y Ríos

A: Amperios

V: Voltios

Tabla 47. Características de las centrífugas.

Equipo	Operación	Horas de trabajo (Minutos)	Carga (Kg)	Potencia (HP)	Voltaje (V)	Tipo de carga
Centrífuga 1	Secado	225	30	1	220	Trifásico
Centrífuga 2	Secado	50	30	0.6	220	Trifásica

Fuente: Zn´s Inversiones Suárez y Ríos

Kg: Kilogramos

H.P: Horse Power

V: Voltios

Cada uno de los tambores ⁴⁶ pertenecientes a la operación de zincado, consta de un motor para que este gire. A continuación, se describen las especificaciones de uno de los motores, teniendo en cuenta que los diez motores poseen las mismas características.

Tabla 48. Características de los motores.

Equipo	Operación	Horas de trabajo (Horas)	Potencia (HP) *	Voltios (V) *	Amperios (A) *	Tipo de carga
Motor 1	Tambor 1	8	½	250	30	Trifásico

Fuente: Zn´s Inversiones Suárez y Ríos.

H.P: Horse Power

V: Voltios

A: Amperios

2.2.2.6 Volúmenes estimados de producción

De acuerdo a la facturación de ventas realizada durante el año 2002, se determinó en la siguiente tabla, el volumen de producción, considerando que el kg esta a quinientos pesos.

Tabla 49. Producción mensual para el año 2002

Mes	Ventas (\$)	Producción ⁴⁷ (Kg)
Enero	2.603.005	5206,01
Febrero	5.284.475	10568,95
Marzo	4.147.758	8295,516

⁴⁵ El rectificador 1 y 2, trabajan en serie. La corriente está limitada por la capacidad normal del rectificador de menor potencia (rectificador 2).

⁴⁶ Los tambores que están en funcionamiento son seis de los diez que se encuentran en la industria, debido a la baja producción. Durante las ocho horas de funcionamiento, el tambor carga cada hora.

⁴⁷ Venta mes dividido 500 pesos (valor por Kg de pieza a procesar).

Abril	8.928.157	17856,314
Mayo	6.850.034	13700,068
Junio	6.308.457	12616,914
Julio	5.550.363	11100,726
Agosto	5.970.098	11940,196
Septiembre	7.200.561	14401,122
Octubre	5.140.411	10280,822
Noviembre	5.945.200	11890,4
Diciembre	4.531.481	9062,962
Total (Kg)	68.460.000	13.6920
Promedio	\$5.705.000	11410 Kg

Fuente: Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

2.2.2.7 Descripción del proceso

Considerando que en el capítulo I se describieron las características de cada operación unitaria; en la siguiente tabla, se describen cada una de las etapas que componen la línea de fabricación dentro de la industria estudio. Esta recibe las piezas de hierro y procede a desarrollar las diferentes operaciones dentro del proceso de zincado, para obtener en la última etapa diferentes acabados, según el color que se le desee colocar a la pieza: irisado, verde oliva, o azul.

Tabla 50. Características de las operaciones unitarias en el proceso de zincado.

PROCESO	CARACTERÍSTICAS ⁴⁸	Tipo De Aguas Residuales
Desengrase	En esta operación se sumerge durante aproximadamente una hora por medio de unas gancheras de hierro, la pieza de hierro en una solución desengrasante ecológico, en el cual se sustituye el disolvente halogenado por soluciones acuosas de desengrase, con contenido de detergentes inorgánicos, y sustancias orgánicas biodegradables (proporcionada por los proveedores). Esta operación se lleva a cabo a una temperatura de 60°C.	Alcalinas
Enjuague por inmersión	En esta operación se dispuso de dos tinas, con el fin de realizar los enjuagues primario y secundario por inmersión a las piezas en agua a temperatura ambiente, para remover las trazas de la solución desengrasante que arrastra la pieza. El periodo de operación es de aproximadamente cinco segundos.	Alcalinas
Decapado	En esta operación se acondicionaron tres tinas para ser utilizados de acuerdo al tamaño de la pieza y a la concentración del ácido clorhídrico. Aquí la pieza es sumergida durante una hora en una solución de este ácido. En el decapado tres la disolución se realiza con ácido clorhídrico y sulfúrico.	Ácidas
Enjuague por inmersión	Esta operación se sumerge la pieza en un periodo de cinco segundos, en una tina con agua a temperatura ambiente con el fin de remover las trazas de la solución ácida que quedan adheridas en la superficie de la pieza.	Ácidas
Neutralizado	La neutralización se lleva a cabo con el agua de los enjuagues D y E (ver plano anexo G). La inmersión de la pieza varía de 25 min. de acuerdo al tamaño de esta.	Alcalinas
Inmersión En El Zinc	En esta operación se acondicionaron diez tambores ⁴⁹ y dos bastidores, para ser utilizados de acuerdo al tamaño de la pieza. Los tambores funcionan con un sistema motor (ver características de los equipos).	Alcalinas

⁴⁸ Los porcentajes de concentración de cada uno de los baños se especifican en el Balance de Materia.

⁴⁹ Los tambores que están en funcionamiento son seis de los diez que se encuentran en la industria, debido a la baja producción.

⁵⁰ OLLARD, E A., Op. Cit., p. 280

	<p>Cada tambor y bastidor posee 2 tubos anódicos donde se ubican las barras de zinc, la pieza a tratar es colocada como cátodo, la cual se sumerge por medio de unas gancheras de cobre, en una solución de zinc cianuro. Para mantener la electrólisis en condiciones óptimas se alimenta la tina con abrillantador y purificador. El tiempo de inmersión en los bastidores es de 20 minutos y en los tambores es de 1 hora, ya que la pieza no es uniforme y requiere mayor tiempo para obtener un óptimo recubrimiento.</p> <p>La concentración de zinc, se determinó a partir de la recolección de las muestras durante cuatro días. A continuación se observan los resultados obtenidos</p> <p>Tabla 51. Resultados de laboratorio en la determinación de zinc libre en la tina de zincado.</p> <p>Día Zinc libre (g/L)</p> <p>9 Abril/03 30.5</p> <p>10 Abril/ 03 28.25</p> <p>11 Abril/ 03 25.75</p> <p style="text-align: center;">Fuente: Analquim</p> <p>Según la tabla anterior no es necesario ajustar el zinc libre ya que su contenido es inferior a los 32 g/L⁵⁰.</p>	
Enjuague por inmersión	En esta operación se dispuso de cuatro tinas(D, E, F y G) ⁵¹ , con el fin de realizar los enjuagues de acuerdo a la operación de zinc que quede más cercana a esta. Las piezas se sumergen en agua a temperatura ambiente, con el fin de no contaminar con soluciones alcalinas los baños de la etapa posterior (pasivados).	Alcalinas
Activado HNO₃	Se utiliza como sellante, antes de los pasivados. En esta operación se sumerge la pieza en ácido nítrico durante cinco segundos.	Ácidas
Pasivado azul, irisado o verde oliva	Esta operación se realiza con el objeto de proporcionar el color a la pieza, donde se sumerge la pieza en una solución de cromo hexavalente a temperatura ambiente.	Ácidas
Enjuague por inmersión	El enjuague se realiza en diferentes tinas para cada uno de los acabados (ver plano anexo G). Se realiza un enjuague durante cinco segundos a la pieza, con el fin de remover los excesos de la solución que quedan adheridas a la pieza.	Ácidas
Sellado por medio del enjuague en agua caliente	Esta operación se efectúa a temperatura de 43°C en piezas de gran tamaño, con el objeto de acelerar el proceso de secado.	
Secado centrifugado	Se utilizan dos centrifugas(ver características de los equipos), para las piezas de menor tamaño.	

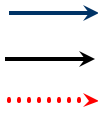
Fuente:Las autoras

2.2.2.8 Diagramas de Flujo del Proceso

Para la elaboración del diagrama (ver figura 14) del proceso de zincado, al igual que en el diagrama de anodizado, se determinaron las entradas en cada uno de los procesos unitarios. Estos se catalogaron en tres grandes grupos, de acuerdo a la siguiente tabla:

⁵¹ Ver anexo H.

Tabla 52. Entradas en cada una de las operaciones unitarias

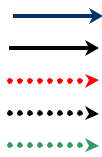


Entradas	Convenciones
Líquidos	
Sólidos	
Calor o energía	

Fuente: Las autoras

De la misma manera, se han provisto seis grupos para definir los aspectos medioambientales en las salidas de cada operación, ver tabla 53:

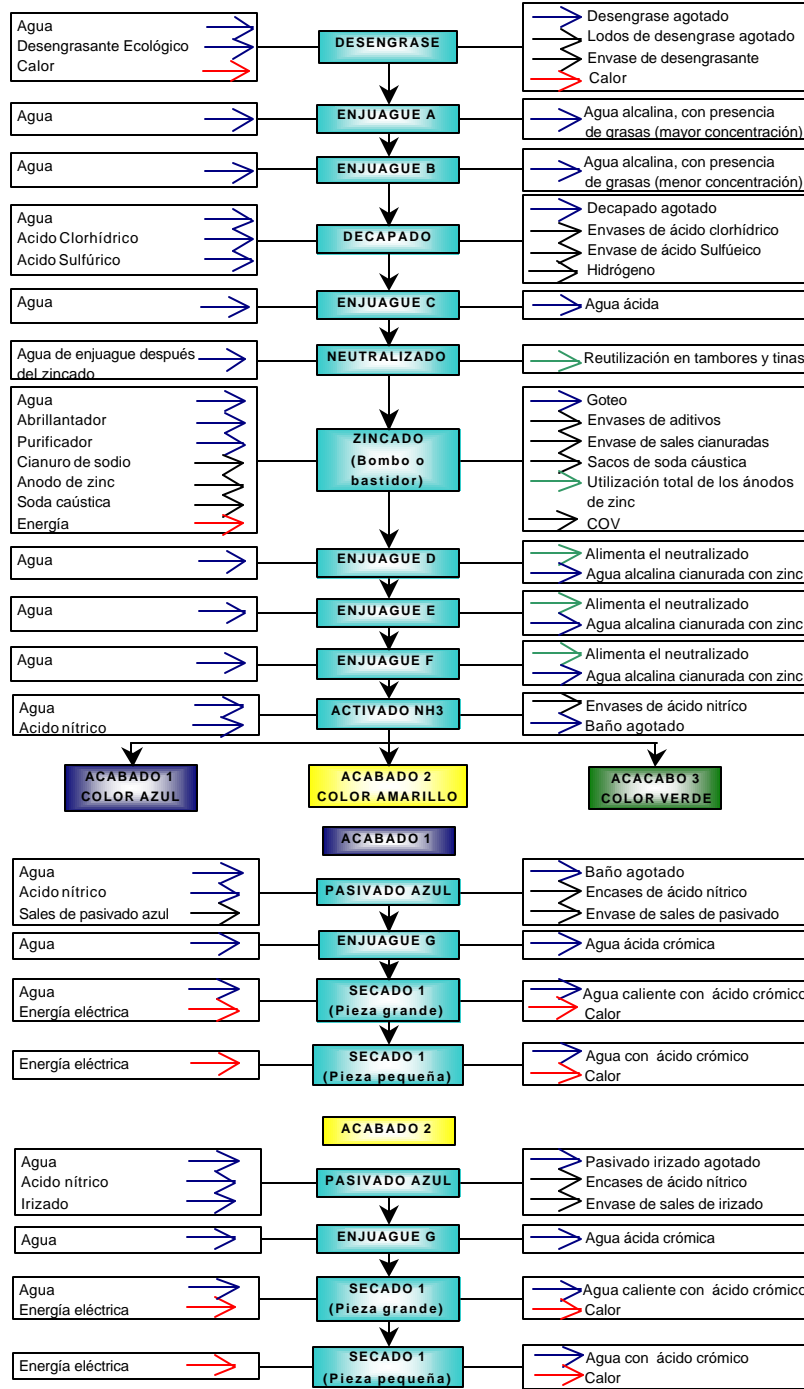
Tabla 53. Salidas en cada una de las operaciones unitarias

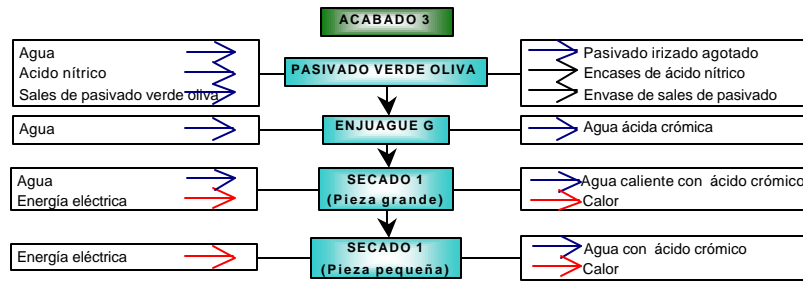


Salidas	Convenciones
Vertimientos	
Residuos	
Calor o energía	
Emisiones	
Reciclaje	

Fuente: Las autoras

FIGURA 14. Diagrama de flujo de las operaciones unitarias del proceso de zincado





Fuente: Las autoras.

En el diagrama anterior observamos que las operaciones que generan mayor cantidad de residuos son el zincado, activado con ácido nítrico y los pasivados debido a las materias primas que se utilizan.

2.2.2.9 Evaluación del proceso

Para un adecuado balance, se procede a continuación a recopilar y analizar los datos de entradas y salidas de todos los materiales, productos, residuos y un estimativo de agua utilizados.

2.2.2.9.1 Determinación de las entradas

Para la cuantificación de las entradas del proceso, se determinaron las cantidades añadidas a los baños, se inspeccionó la documentación relativa a su compra en un período de un año, los análisis de laboratorio realizado por las autoras (cantidad de grasa y óxido en las piezas de hierro para el zincado, concentración de los baños electrolíticos, características de las materias primas) y los consumos de agua.

- *Consumo de materia prima.*

Se determina el consumo de materia prima mensual, por medio de la obtención de los registros de compra. De acuerdo a la inspección realizada en la planta se pesó la cantidad de materia prima sobrante a los treinta días de haberse adquirido, además, se asumió un porcentaje del 2% que corresponde a las pérdidas de materia prima por mal manejo en la manipulación e inadecuado manejo del traslado hacia la zona de almacenamiento. En la siguiente tabla, se observa el consumo mensual y diario de las materias primas en el proceso de zincado.

Tabla 54. Consumo diario de materias primas en el proceso

Sustancias químicas de proceso	Adquisición de materia prima mensual (Kg)	Pérdidas de materia prima (%)	Pérdidas de materia prima (Kg)	Materia prima sin consumir (Kg)	Consumo mensual (Kg)	Consumo diario (Kg)
Zinc metal	54	-	-	1.30	52.70	2.11
Soda cáustica	180	2	3.6	22.15	154.25	6.17
cianuro de sodio	150	2	3	10.73	136.27	5.45
Ácido Sulfúrico	400	2	8	28	364	14.56
Ácido clorhídrico	300	2	6	1.25	292.75	11.71
Desengrasante	160	2	3.2	10.55	146.25	5.85
Abrillantador	240	2	4.8	9.35	225.85	9.03
Purificador	40	2	0.8	16.70	22.50	0.90
ácido nítrico	80	2	1.6	56.65	21.75	0.87
Pasivado azul	25	2	0.5	20.50	4	0.16
Pasivado iris	50	2	1	21.50	27.50	1.10
Pasivado verde oliva	32	2	0.64	25.61	5.75	0.23

Fuente: Las autoras.

- *Consumo de agua:*

La fuente principal de agua es la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, a la cual se le paga el consumo registrado en el medidor tipo velo⁵² de agua mensualmente. El agua utilizada por la planta, llega a través de una acometida de ½", la cual se deriva a los puntos de suministro, distribuidos para abastecer cada uno de los baños del proceso.

En la siguiente tabla, se listan los datos correspondientes a los consumos de agua potable para el año 2002 y son presentados en la figura 15.

Tabla 55. Consumo de agua potable durante el año 2002

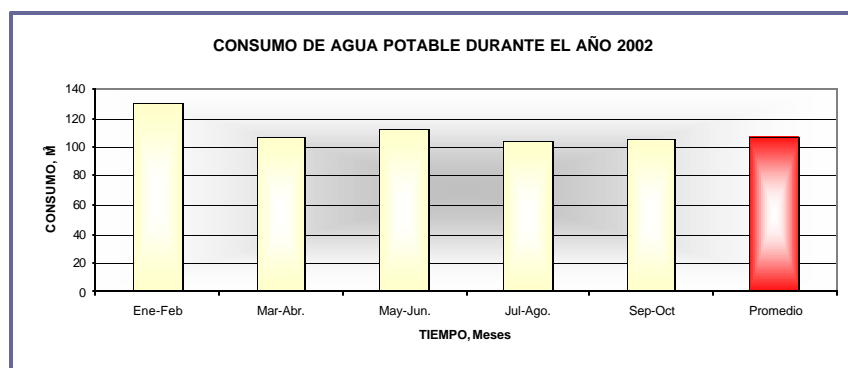
Periodo facturado	Consumo m ³
Enero – Febrero	130
Marzo – Abril	106.3
Mayo – Junio	112
Julio – Agosto	104
Septiembre – Octubre	105
Promedio bimestre	111.46

Fuente: Las autoras.

Se observa en la tabla anterior un consumo de agua potable alto debido a la ineficiencia en el uso de este recurso en las operaciones de enjuague, ya que estas son recargadas diariamente por la falta de buenas prácticas.

⁵² LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá : Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.

Figura 15. Consumo de agua potable durante el año 2002



Fuente: Las autoras.

El consumo promedio en el bimestre, es de 111.46 m^3 , es decir, 55.73 m^3 en un mes de trabajo (25 días). A partir de este consumo se determina de acuerdo a la ecuación 2, el consumo de agua industrial (específico para el proceso de zincado), teniendo en cuenta el número de trabajadores, el número de horas trabajadas y un porcentaje de consumo⁵³ por cada trabajador⁵⁴, Así:

Ecuación 2: Consumo mensual de agua Industrial

Consumo Total = Cons. Agua Doméstica + Cons. Agua Proceso Industrial (CAPI)
C.A.P.I = Consumo Total – Consumo Agua Doméstica
C.A.P.I = Consumo Total – (Porcentaje de consumo*No.trabajadores*No.días /2Meses.)
C.A.P.I = $55.73 \text{ m}^3/\text{mes} - (0.08 \text{ m}^3/\text{día} * 6 \text{ Trab.} * 25 \text{ d} / \text{mes})$
C.A.P.I = $55.73 \text{ m}^3/\text{mes} - 12 \text{ m}^3/\text{mes}$
C.A.P.I = $43.73 \text{ m}^3/\text{mes}$

El resultado de la ecuación 2, demuestra que el consumo de agua industrial, frente al consumo de agua en la zona administrativa, es mayor en un 78.46%.

2.2.2.9.2 Análisis de Balance de Materia

- *Pieza a zincar*

En la elaboración de un balance de materia es necesario suponer una base de cálculo por unidad de tiempo, para esto, se determinó el producto terminado en un día, de acuerdo al promedio de la producción mensual en la industria. De acuerdo a la tabla 48. Este valor corresponde a $11410 \text{ Kg} / \text{mes}$. Conociendo que la industria trabaja seis días a la semana⁵⁵, el producto terminado en un día es:

$\frac{11410 \text{ Kg producto terminado}}{25 \text{ días}} = 456.4 \text{ Kg/día Producto final}$

⁵³ LOPEZ CUALLA. Ricardo, Op cit., p. 52.

⁵⁴ El porcentaje de consumo por trabajador es de $0.08 \text{ m}^3/\text{día}$. Este se asumió teniendo en cuenta que un trabajador:

1. Hace uso de la cisterna, tres veces durante su actividad de trabajo diaria, cada descarga equivale a 15L
2. Hace uso del lavamanos, 20L
3. Efectúa una limpieza personal al finalizar el día de trabajo, 15L

⁵⁵ Del mes se trabajan 25 días.

Para la determinación del peso de la pieza en la entrada del balance (tabla 56), se realizó un estudio de tiempos y movimientos (ver anexo Ñ), teniendo en cuenta, el peso de las piezas a la entrada y salida del proceso según el tipo de pieza a procesar, para posteriormente relacionar el peso que entra al balance según la producción mensual promedio real. Al costado derecho se describen las operaciones a las cuales entran las piezas.

Tabla 56 . Peso de las piezas a la entrada y salida del proceso de zincado

Pieza	Entrada (Kg/día)		Salida (Kg/día)		Operación a la que entra														
	Tiempo y movimiento	Producción real	Tiempo y movimiento	Producción real															
Perfiles	70	125.81	71.1	127.79	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Laminas	50	89.86	50.79	91.28	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tornillos	100	179.7	101.59	182.56	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tuercas	30	53.9	30.47	54.77	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
TOTAL	250	449.3	253.95	456.4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Las autoras

Convenciones

Desengrase	■	Decapado 1	■	Enjuague C	■	Bastidor Zincado1	■	Enjuague D	■	Enjuague G	■	Enjuague H	■	Pasivado Verde	■
Enjuague A	■	Decapado 2	■	Neutralización 1	■	Bastidor fincado 2	■	Enjuague E	■	Activado nítrico	■	Pasivado irisado	■	Enjuague J	■
Enjuague B	■	Decapado 3	■	Neutralización 2	■	Tambores de zincado	■	Enjuague F	■	Pasivado azul	■	Enjuague I	■	Sellado	■

Con la tabla anterior, se procedió a determinar la entrada de producción por operación unitaria, para esto se analizó de acuerdo al estudio de tiempos y movimientos, la cantidad de grasa, óxido y la adición de sustancia que la pieza adsorbe:

- *Determinación de grasa y óxido.*

Para determinar la cantidad de grasa y óxido en la pieza, que es eliminada en las operaciones unitarias, las autoras realizaron un montaje a escala del proceso de desengrase y decapado que actualmente maneja la industria estudio. Se peso una muestra (tornillo) antes de las operaciones, en una balanza analítica⁵⁶, y se procedió a realizar las operaciones en condiciones optimas y así, determinar la cantidad de grasa y óxido de una muestra. Los datos obtenidos en la industria de zincado, fueron los siguientes:

⁵⁶ Suministrada por el laboratorio ANALQUIM

- Peso tornillo antes del desengrase = 35.2690 g
- Peso tornillo después del desengrase = 35.1516 g
- Grasa contenida en la muestra = 0.1174 g
- Peso muestra después del decapado = 35.1252 g
- Óxido contenido en la muestra = 0.0264 g

A continuación se determina la cantidad de grasa y óxido en el producto inicial.

$$\text{Desengrase } \frac{0.1174 \text{ g}}{35.269 \text{ g}} * 395.37 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{1316.07 \text{ g de grasa}}$$

$$\text{Decapado 1 } \frac{0.0264 \text{ g}}{35.1516 \text{ g}} * 179.1 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{134.51 \text{ g de óxido}}$$

$$\text{Decapado 2 } \frac{0.0264 \text{ g}}{35.1516 \text{ g}} * 143.46 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{107.74 \text{ g de óxido}}$$

$$\text{Decapado 3 } \frac{0.0264 \text{ g}}{35.1516 \text{ g}} * 125.39 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{94.17 \text{ g de óxido}}$$

Como se observa, la entrada en la tina de desengrase es de 395.37 Kg, correspondiente a la suma de los pesos de las piezas que entran en esta.

En el decapado el valor es menor, debido a la remoción de grasa en cada una de las piezas. Se debe recordar que las tuercas entran directamente al decapado 2, ya que no poseen grasa sobre la superficie.

Para analizar las pérdidas de grasa y óxido para las demás piezas se hizo una relación en m².

- *Determinación de adsorción.*

Como se observó anteriormente, se realizó un análisis de las operaciones de desengrase y decapado, para determinar la cantidad de grasa y óxido de la muestra. Para determinar la cantidad de adsorción de la pieza se observa a continuación el análisis realizado por las autoras:

- Peso de la muestra antes del neutralizado = 35.1252 g
- Peso de la pieza después del neutralizado = 35.1252 g
- Peso de la pieza después del zincado = 35.5966 g
- Peso de la pieza después del activado nítrico = 35.5966 g
- Peso de la pieza después del pasivado = 35.8324 g

A continuación se determina la capacidad de adsorción de la pieza en cada una de las tinas, de acuerdo al producto inicial.

$$\text{Zincado 1 } \frac{0.4714 \text{ g}}{35.1252 \text{ g}} * 125.29 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{1681.46 \text{ g de adsorción}}$$

$$\text{Zincado 2 } \frac{0.4714 \text{ g}}{35.1252 \text{ g}} * 89.49 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{1201.01 \text{ g de adsorción}}$$

$$\text{Zincado 3 } \frac{0.4714 \text{ g}}{35.1252 \text{ g}} * 232.82 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{3124.57 \text{ g de adsorción}}$$

$$\text{Pasivado azul } \frac{0.2358 \text{ g}}{35.5966 \text{ g}} * 126.97 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{841.08 \text{ g de adsorción}}$$

$$\text{Pasivado irisado } \frac{0.2358 \text{ g}}{35.5966 \text{ g}} * 272.05 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{1802.12 \text{ g de adsorción}}$$

$$\text{Pasivado verde oliva } \frac{0.2358 \text{ g}}{35.5966 \text{ g}} * 54.58 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = \mathbf{361.55 \text{ g de adsorción}}$$

De acuerdo a este análisis, se observa a continuación la producción que entra en cada una de las operaciones unitarias:

- Desengrase: 395.37Kg
- Enjuague A : 394.05Kg
- Enjuague B : 268.66 Kg
- Decapado 1 : 179.10 Kg
- Decapado 2 : 143.46Kg
- Decapado 3 : 125.39 Kg
- Enjuague C : 322.31 Kg.
- Neutralizado 1 : 232.82 Kg
- Neutralizado 2 : 214.78Kg.
- Zincado 1 : 125.29 Kg.
- Zincado 2 : 89.49Kg.
- Zincado 3 : 232.82Kg.
- Enjuague D : 217.66 Kg
- Enjuague E : 235.94 Kg
- Enjuague F : 326.63Kg
- Enjuague G : 326.63Kg
- Activado ácido nítrico : 453.6 Kg
- Pasivado azul : 126.97 Kg
- Enjuague H : 127.79Kg
- Pasivado irisado : 272.05Kg
- Enjuague I : 273.84 Kg
- Pasivado verde oliva : 54.58Kg
- Enjuague J : 54.77 Kg
- Sellado : 219.07Kg

- Entradas de materia primas en cada operación unitaria.

De acuerdo al porcentaje de materia prima que se suministra y al volumen de cada tina, se determina el volumen de reactivos que se les agrega a cada una de estas (tabla 57). Los datos anteriores, nos permitieron formular las entradas de reactivo y agua en cada una de las operaciones. Estos resultados se encuentran compilados en las tablas 58 y 59.

Tabla 57. Porcentajes y volumen de materia prima por tinas

Tinas	volumen (m ³)	materia prima	Porcentaje de materia agregada diariamente (%)	Volumen de materia prima en la recarga y descarga (m ³)
Desengrase	0.86	Desengrasante	20	0.172
		Agua	80	0.688
Enjuague A	0.12	Agua	100	0.12
Enjuague B	0.12	Agua	100	0.12
Decapado 1	0.01	HCl	90	0.009
		Agua	10	0.001
Decapado .2	0.34	HCl	10	0.034
		Agua	90	0.306
Decapado 3	2.63	HCl	15	0.39
		Agua	60	1.58
		H ₂ SO ₄	25	0.66
Enjuague C	0.18	Agua	100	0.18
Neutralización 1	0.13	Agua (15,16)	100	0.13
Neutralización 2	0.49	Agua (15,16)	100	0.49
Bastidor	5.72	Soda c.	3.67	0.21

Zincado 1		Cianuro	2.97	0.17
		Agua	87.41	5
		Abrillantador	4.89	0.28
		purificador	0.34	0.02
		zinc metal	1.04	0.06
Enjuague D	0.15	agua	100	0.15
Bastidor Zincado 2	1.35	Soda c.	3.77	0.051
		cianuro	2.81	0.038
		Agua	88.88	1.2
		abrillantador	3.03	0.041
		purificado	2.22	0.003
		zinc metal	1.18	0.016
10 Tambores de zincado	0.59	Soda c.	3.72	0.022
		cianuro	3.55	0.021
		Agua	84.60	0.5
		abrillantador	6.42	0.038
		purificador	0.33	0.002
		Zinc metal	1.18	0.007
Enjuague E	0.05	agua	100	0.05
Enjuague F	0.16	agua	100	0.16
Enjuague G	0.16	agua	100	0.16
Activado ácido nítrico	0.08	HNO ₃	5	0.004
		agua	95	0.076
Pasivado Azul	0.13	HNO ₃	10.52	0.0136
		Agua	84.21	0.109
		Pasivado	5.26	0.0068
Enjuague H	0.16	agua	100	0.16
Pasivado Irisado	0.19	agua	67.19	0.12
		HNO ₃	6.85	0.013
		Pasivado	25.95	0.049
Enjuague I	0.10	agua	100	0.10
Pasivado verde oliva	0.071	pasivado	11.76	0.0083
		agua	73.52	0.052
		HNO ₃	14.72	0.010
Enjuague J	0.71	Agua	100	0.71
Sellado	0.24	Agua	100	0.24

Fuente: Zn's Inversiones

Por medio de la información obtenida en la tabla anterior, donde se determina el porcentaje agregado de reactivos y agua en cada una de las operaciones unitarias, se procede a establecer las entradas. Además se cuantificó el consumo de sustancia química concentrada

para cada operación unitaria con el fin de obtener el aporte de agua y sustancias químicas. El cálculo de las entradas diarias de estas se desarrolló de la misma forma que en la industria Colombiana de Aluminios Ltda.

Tabla 58. Entrada diaria de sustancias químicas por operación unitaria

Operación unitaria	Sustancia química	Porcentaje de reactivo agregado de acuerdo al volumen de la tina ⁵⁷ (%)	Consumo diario de sustancia Química en la operación (kg/día)	Porcentaje de sustancia química agregada en la tina(%) ⁵⁸	Consumo diario de sustancia química en cada tina (Kg/día) ⁵⁹	Densidad (Kg/L)	Porcentaje de concentración comercial (%)	Volumen del reactivo ⁶⁰ (L)	Consumo en la tina de sustancia química concentrada (Kg) ⁶¹
Desengrase	Desengrasante	20	5.85	100	5.85	1.00278	-	5.837	5.85
Decapado 1	HCl	90	11.71	18.32	2.145	1.16	32	1.84	0.89
Decapado 2	HCl	10	11.71	7.06	0.827	1.16	32	0.71	0.344
Decapado 3	HCl	15	11.71	74.62	8.74	1.16	32	7.53	3.62
	H ₂ SO ₄	25	14.56	100	14.56	1.84	98	7.91	14.4
Bastidor Zincado ¹	Soda cáustica	3.67	3.47	64.55	2.24	2.13	98	1.05	2.22
	Cianuro de sodio	2.97	2.85	63.52	1.81	1.55	-	1.17	1.81
	Abrillantador	4.89	4.46	67.04	2.99	1.3095	-	2.28	2.99
	Purificador	0.34	0.66	30.30	0.206	1.0697	-	0.19	0.206
	Zinc metal	1.04	1.06	59.44	0.63	-	-	-	0.63
Bastidor Zincado ²	Soda cáustica	3.77	3.47	19.88	0.69	2.13	98	0.32	0.68
	Cianuro de Sodio	2.81	2.85	18.24	0.52	1.55	-	0.33	0.521
	Abrillantador	3.03	4.46	12.55	0.56	1.3095	-	0.43	0.56
	Purificador	2.22	0.66	62.12	0.41	1.0697	-	0.38	0.412
	Zinc metal	1.18	1.06	20.75	0.22	-	-	-	0.22
6 Tambores de zincado	Soda cáustica	3.72	3.47*6	15.57	0.54*6 ⁶²	2.13*6	98	0.25	0.53*6
	Cianuro de Sodio	3.55	2.85*6	18.24	0.52*6	1.55*6	-	0.33	0.52*6

⁵⁷ Cantidad de sustancia química que se agrega de acuerdo al volumen de la tina.

⁵⁸ Es la cantidad de sustancia que se agrega en cada tina de una operación específica de acuerdo al volumen de la sustancia a agregar en esta. (Ej. Consumo HCL = 17.57 Kg/día en el decapado 1, 2 y 3 el volumen es 9, 34 y 390 Litros respectivamente; es decir, que el porcentaje del decapado 1 será 2.1% con relación a la suma de los tres volúmenes de la operación)

⁵⁹ Con el porcentaje de sustancia química y el consumo diario en la operación se determina el consumo diario en la tina (sin considerar el % de concentración)

⁶⁰ Determinado con el consumo diario de sustancia química en cada tina por la densidad de sustancia química.

⁶¹ Este consumo corresponde al porcentaje de concentración de sustancia química que entra al baño. (Ej. 0.36 Kg de HCL tienen una densidad de 1.16 Kg en cada litro, eso nos da 0.31L de los cuales 68 gramos son agua y 0.1L son HCL, es decir que 0.15Kg corresponden solamente a HCL concentrado)

⁶² Número de tambores.

	Abrillantador	6.42	4.46*6	20.41	0.91*6	1.3095*6	-	0.69	0.96*6
	Purificador	0.33	0.66*6	7.58	0.05*6	1.0697*6	-	0.05	0.05*6
	Zinc metal	1.18	1.06*6	19.81	0.21*6	-	-	-	0.21*6
Activado ácido nítrico	HNO ₃	5	0.86	15.12	0.13	1.4	54	0.09	0.088
Pasivado Azul	HNO ₃	5	0.86	17.44	0.15	1.4	54	0.11	0.099
	Pasivazo	5.26	0.16	100	0.16	1.941	-	0.08	0.16
Pasivado Irisado	HNO ₃	6.85	0.86	33.72	0.29	1.4	54	0.21	0.19
	Pasivazo	25.95	1.10	100	1.10	1.663	-	0.66	1.10
Pasivado verde oliva	Pasivazo	11.76	0.23	100	0.23	1.4071	-	0.16	0.23
	HNO ₃	14.72	0.86	33.72	0.29	1.4	54	0.21	0.19

Fuente: las autoras

La operación de decapado posee el mayor consumo de materia prima, ya que la concentración de ácido clorhídrico para eliminar las trazas de óxido es de 11.71kg/día.

En la siguiente tabla se determina la entrada de agua total en cada tina del proceso, de acuerdo al aporte de agua que se da en la disolución de sustancias químicas y al consumo de agua que se le agrega a cada tina para mantenerla en un volumen adecuado.

Tabla 59. Entrada de agua por tina

Tina	Agua proveniente de	% del volumen de agua potable en la tina	Aporte de agua en la disolución de sustancias químicas (Kg) ⁶³	Consumo de agua Diario en la industria (Kg) ⁶⁴	Entrada de agua (Kg) ⁶⁵
Desengrase	Agua potable	80	-	23.41	23.41
Enjuague A	Agua potable	100	-	120	120
Enjuague B	Agua potable	100	-	120	120
Decapado 1	HCl	-	1.25	-	1.49
	Agua potable	10	-	0.24	
Decapado 2	HCl	-	0.4828	-	7.92
	Agua potable	90	-	7.443	
Decapado 3	HCl	-	5.12	-	40.24
	Agua potable	60	-	34.96	
	H ₂ SO ₄	-	0.16	-	
Enjuague C	Agua potable	-	-	180	180
Neutralización 1	Agua de enjuague D	-	-	-	2.7 ⁶⁶
Neutralización 2	Agua de enjuague E	-	-	-	12.767
Bastidor Zincado 1	Soda cáustica	-	0.021	-	54.821
	Agua potable	87.41	-	54.8	
Enjuague D	Agua potable	100	-	50	50
Bastidor Zincado 2	Soda cáustica	-	0.0064	-	17.2264
	Agua potable	88.88	-	17.22	
6 Tambores de zincado	Soda cáustica	-	0.005*6	-	15.225*6
	Agua potable	84.60	-	15.22*6	
Enjuague E	Agua potable	100	-	150	150
Enjuague F	Agua potable	100	-	160	160
Enjuague G	Agua potable	100	-	160	160
Activado ácido nítrico	HNO ₃	-	0.041	-	2.56
	Agua potable	95	-	2.52	
Pasivado Azul	HNO ₃	-	0.050	-	2.79
	Agua potable	84.21	-	2.74	
Enjuague H	Agua potable	100	-	160	160
Pasivado Irisado	HNO ₃	-	0.096	-	2.108
	Agua potable	67.19	-	2.012	
Enjuague I	Agua potable	100	-	100	100
Pasivado verde oliva	Agua potable	73.52	-	1.45	1.546
	HNO ₃	-	0.096	-	
Enjuague J	Agua potable	100	-	71	71
Sellado	Agua potable	100	-	240	240

Fuente: Zn's Inversiones y las autoras

⁶³ Consumo diario de sustancia química en cada tina – Consumo en la tina de sustancia química concentrada

⁶⁴ Es la recarga que hacen diariamente en cada tina con agua potable. En las tinas con sustancias químicas se determina la cantidad de agua con el porcentaje de volumen de agua y el volumen de sustancia química (Ej. En el decapado 1 se agrega un 90% de 0.31 Litros de HCL, el 10% restante corresponde al volumen agregado de agua).

⁶⁵ Es la suma de la columna 4 y 5 por la densidad del agua.

⁶⁶ Las tinas de neutralización utilizan agua recirculada de los baños D y E, cuando estos baños se evaporan o arrastran, por consiguiente este valor se determina en la tabla de evaporación y arrastre.

De acuerdo a la tabla anterior, el mayor consumo de agua potable se efectúa en las operaciones de enjuague y sellado por la recarga diaria, debido a la necesidad de obtener una calidad de lavado óptimo. El consumo diario de agua (columna 5) utilizado en el proceso corresponde a 1749.112L; por consiguiente el consumo realizado durante un mes de trabajo, corresponde a 43.73m^3 . De acuerdo a la tabla 55 y a la ecuación 2, se estableció el consumo de agua industrial mensual durante el año 2002, este valor indica que, el consumo de agua en la industria corresponde al agua empleada en las tinas del proceso.

- Cuantificación de las salidas del proceso

Para el desarrollo del balance de materia, se deben considerar en las salidas de cada una de las operaciones los arrastres, la evaporación en cada una de las tinas y la Adsorción de sustancia química en la pieza. En la tabla 60 se observa el diagnóstico realizado en la industria estudio de acuerdo a la tabla de tasa de evaporación y al análisis de tiempos y movimientos para determinar la evaporación y el arrastre por m^2 en un día de trabajo. Antes de desarrollar la tabla se hace un ejemplo de cálculo para la producción $\text{m}^2/\text{día}$ según la superficie de la pieza.

Ejemplo de calculo:

En el activado nítrico entra una producción real de 453.6 Kg de piezas, correspondientes a perfiles, laminas, tornillos y tuercas. El área de estas son 2m^2 , 0.5m^2 , 0.038m^2 y 14.8m^2 respectivamente.

En el análisis de tiempos y movimientos se determino que eran $2\text{m}^2 * 7$ piezas para los perfiles. En las laminas $0.5\text{m}^2 * 50$ piezas, en los tornillos $0.038\text{m}^2 * 2835$ piezas (un tornillo pesa 35.269 g) y en las abrazaderas $0.085\text{m}^2 * 100$ piezas. Es decir que:

- En 70 Kg (producción de tiempos y movimientos) de perfiles hay 14m^2 , y en 126.97 Kg(producción real) hay 25.4m^2 .
- En 50 Kg (producción de tiempos y movimientos) de laminas hay 25m^2 , y en 90.69 Kg(producción real) hay 45.34m^2 .
- En 100 Kg (producción de tiempos y movimientos) de tornillos hay 10.77m^2 , y en 181.36Kg(producción real) hay 19.53m^2 .
- En 30 Kg (producción de tiempos y movimientos) de tuercas hay 8.5m^2 , y en 54.58 Kg(producción real) hay 15.46m^2 .

La producción que entra en el activado nítrico es la suma del área de las piezas = $105.73\text{m}^2/\text{día}$.

Para la determinación del arrastre se calculo en función de la producción, donde se promedia el caudal en un día de trabajo, teniendo en cuenta en cada aforo el área superficial de las piezas y el periodo de arrastre.

Como se observa en la tabla 61, el valor calculado de arrastre y evaporación esta dado en Litros, para determinarlo en Kilo-gramos se debe conocer la densidad en cada una de las tinas. De acuerdo a los análisis realizados de acuerdo a los grados Baumé y a la ecuación 1, se obtuvo en la siguiente tabla la densidad en cada una de las tinas:

Ecuación 1

$$\rho = 144.3 / (144.3 - n)$$

Donde:

ρ = Densidad de la tina

n = Grados Baumé

144.3 = Constante

Tabla 60. Densidad establecida de

acuerdo a los grados Baumé

Tina	°Baume medidos en la tina	Densidad (Kg/L)
Desengrase	0	1
Enjuague A	0	1
Enjuague B	0	1
Decapado 1	20	1.16
Decapado 2	12	1.09
Decapado 3	26	1.22
Enjuague C	0	1
Neutralizado 1	3	1.02
Neutralizado 2	17.5	1.138
Bastidor de zincado 1	24	1.199
Bastidor de zincado 2	23	1.189
Tambores de zincado 3	23	1.189
Enjuague D	0	1
Enjuague E	0	1
Enjuague F	0	1
Enjuague G	0	1
Activado nítrico	0	1
Pasivado azul	3	1.02
Enjuague H	0	1
Pasivado irisado	3	1.02
Enjuague I	0	1
Pasivazo verde oliva	11	1.08
Enjuague J	0	1
Sellado	0	1

Fuente: Las autoras

El cálculo para la determinación de arrastre y evaporación en cada operación unitaria se desarrolló de la misma manera que la industria Colombiana de Aluminios Ltda.

Tabla 61. Análisis de arrastre y evaporación en cada una de las tinas

Tina	Evaporación						Arrastre			
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s) ⁶⁷	Tasa de evaporación específica ⁶⁸ (L (m ² *h)	Superficie del baño (m ²)	Evaporación (L Solución/hora) ⁶⁹	Evaporación (Kg Solución/día) ⁷⁰	Arrastre específico (L/m ² superficie de pieza) ⁷¹	Producción (m ² /día superficie pieza) ⁷²	Arrastre (Lsolución/Día) ⁷³	Arrastre (Kg solución/Día) ⁷⁴
Desengrase ⁷⁵	60	0.3	3.75	0.77	2.88	23.04	0.0145	89.44	1.297	1.297
	Ambiente	0.3	0.4	0.77	0.308	4.928				
Enjuague A	Ambiente	0.3	0.4	0.23	0.1	2.4	0.0048	89.44	0.432	0.432
Enjuague B	Ambiente	0.3	0.4	0.23	0.1	2.4	0.014	64.87	0.93	0.93
Decapado 1	Ambiente	0.3	0.4	0.19	0.07	1.95	0.019	19.53	0.37	0.434
Decapado 2	Ambiente	0.3	0.4	0.7	0.28	7.32	0.0143	60.8	0.87	0.95
Decapado 3	Ambiente	0.3	0.4	4.96	1.98	57.97	0.0094	25.4	0.24	0.293
Enjuague C	Ambiente	0.3	0.4	0.28	0.11	2.64	0.0388	80.33	3.1	3.1
Neutralización 1	Ambiente	0.3	0.4	0.24	0.09	2.20	0.014	34.99	0.502	0.51
Neutralización 2	Ambiente	0.3	0.4	1.10	0.44	12.02	0.009	70.74	0.67	0.76
Bastidor zincado 1	Ambiente	0.3	0.4	5.15	2.06	59.28	0.0047	25.4	0.12	0.144
Bastidor zincado 2	Ambiente	0.3	0.4	1.5	0.6	17.12	0.0048	45.34	0.22	0.26
6 Tambores de zincado	Ambiente	0.3	0.4	0.98	0.39	11.13*6	0.079(L/tambor)	5.83 ⁷⁶ (tambor/día)	0.46*6	0.54*6

⁶⁷ En la tabla 16 de tasa de evaporación específica. Se considera una velocidad de corriente de aspiración de 0.3 m/s ya que no existe aspiración en ninguno de las operaciones.

⁶⁸ Se determina de acuerdo a la tasa de evaporación específica, conociendo la temperatura y la velocidad de corriente de aspiración.

⁶⁹ Tasa de evaporación específica por la superficie del baño

⁷⁰ Se determina con la tasa de evaporación específica y la densidad de la tina.

⁷¹ Se determina el arrastre específico a partir de los datos experimentales en función de la producción, donde se promedia el caudal en un día de trabajo, teniendo en cuenta en cada aforo el área superficial de las piezas y el periodo de arrastre.

⁷² Se determina de acuerdo a la producción que llega a cada tina en un día, por medio del análisis de tiempos y movimientos para aplicarlo a la producción real (Ej. Se calcula el área y la cantidad de tornillos (0.0038m²), abrazaderas (0.085 m²), laminas (6.5 m²) y perfiles 2 m²), en la entrada de cada operación (se suma el área de lo que entra en cada tina), y se relaciona el área con la producción real).

⁷³ Se determina con el arrastre específico por la producción

⁷⁴ Es el arrastre por la densidad de la tina.

⁷⁵ En la tina de desengrase se toman dos evaporaciones, ya que la temperatura de la tina a 60°C solo dura el tiempo de trabajo (8horas) y en las 16 horas restantes, la tina se encuentra a temperatura ambiente(ya que se apaga la resistencia).

⁷⁶ 34.99 m² / 6(número de tambores) = 5.83 m²

Enjuague D	Ambiente	0.3	0.4	0.28	0.11	2.64	0.019	70.74	1.35	1.35
Enjuague E	Ambiente	0.3	0.4	0.24	0.09	2.16	0.0045	34.99	0.16	0.16
Enjuague F	Ambiente	0.3	0.4	0.28	0.11	2.64	0.0048	80.33	0.38	0.38
Enjuague G	Ambiente	0.3	0.4	0.28	0.11	2.64	0.0048	80.33	0.38	0.38
Activado ácido nítrico	Ambiente	0.3	0.4	0.24	0.09	2.16	0.0048	105.73	0.50	0.50
Pasivado azul	Ambiente	0.3	0.4	0.24	0.09	2.20	0.0048	25.4	0.12	0.122
Enjuague H	Ambiente	0.3	0.4	0.24	0.09	2.16	0.0048	25.4	0.12	0.12
Pasivado Irisado	Ambiente	0.3	0.4	0.44	0.17	2.20	0.0048	64.87	0.31	0.316
Enjuague I	Ambiente	0.3	0.4	0.24	0.09	2.16	0.0048	64.87	0.31	0.31
Pasivado verde oliva	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.0045	15.46	0.07	0.075
Enjuague J	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.44	0.0045	15.46	0.07	0.07
Sellado ⁷⁷	43	0.3	1.62	0.28	0.45	3.6	0.019	70.74	1.35	1.35
	Ambiente	0.3	0.4	0.28	0.11	1.76				

Fuente: las autoras

Se observa en la tabla anterior que las operaciones de zincado 1 y decapado 3, son las de mayor evaporación, debido al volumen de las tinas. Además, la operación de desengrase presenta una elevada evaporación, ya que esta es calentada a una temperatura de 60°C.

⁷⁷ En la tina de sellado se toman dos evaporaciones, ya que la temperatura de la tina a 43°C solo dura el tiempo de trabajo (8horas) y las 16 horas restantes, la tina se encuentra a temperatura ambiente(ya que se apaga la resistencia).

2.2.2.9.3

Medición de Los niveles de reutilización y/o reciclaje de Residuos

La industria actualmente emplea el agua de enjuague primario D y E, proveniente de la operación de recubrimiento electrolítico, para ser reutilizada en las tinas de neutralización, cuando esta disminuye su volumen debido a la evaporación, arrastre y adsorción.

Tabla 62. Cuantificación de las entradas y salidas del proceso de neutralización

Consumo de agua industrial	Evaporación (Kg / día)	Arrastre (Kg / día)	Adsorción (Kg / día)	Total a reutilizar (Kg / día) ⁷⁸
Neutralización 1	2.2	0.51	-	2.71
Neutralización 2	12.02	0.76	-	12.78

Fuente: Las autoras

2.2.2.9.4

Determinación de las Salidas

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente, se especifican en la siguiente tabla, las salidas para el balance en cada una de las operaciones unitarias de la industria de zincado, a partir de la composición de materia prima y agua. La tabla 63 se obtiene de la sumatoria de las salidas para cada operación unitaria.

Otra salida a tener en cuenta, son los lodos que se forman en cada una de las tinas de las operaciones. Estas son retiradas de las tinas en el momento de limpieza. A continuación se describe la cantidad de lodo removido mensualmente por tina.

<p>De acuerdo a los kilo-gramos de lodo que se remueven en el momento de la limpieza en la tina se hizo un estimativo del volumen de lodo mensual generado en cada una de estas.</p> <p>Tina de Desengrase = 20 Kg/3meses = 6.66 Kg/mes Tina de Decapado 1 = 0.018 Kg/6días = 0.076 Kg/mes Tina de Decapado 2 = 15 Kg/6 meses = 2.5 Kg/mes Tina de Decapado 3 = 59.25 Kg/3meses = 19.75 Kg/mes Tina de Neutralización 1 = 5.85 Kg /6 meses = 0.975 Kg/mes Tina de Neutralización 2 = 22.5 Kg /6 meses = 3.75 Kg/mes Tina de Zincado 1 = 43.25 Kg/mes Tina de Zincado 2 = 30.75 Kg/3meses = 10.25 Kg/mes Tinas de Zincado 3 = 27 Kg /6 meses = 4.5 Kg/mes Tina de Activado Nítrico = 3.6 Kg /6 meses = 0.6 Kg/mes Tina de Pasivado Azul = 0.975 Kg/mes. Tina de Pasivado Irisado = 1.425 Kg/mes. Tina de Pasivado Verde oliva = 0.525 Kg/mes.</p> <p>En las tinas de enjuague no se alcanza a formar lodos, ya que el agua de enjuague es reemplazada diariamente.</p> <p>Mensualmente se están produciendo 95.236Kg de lodo.</p>
--

⁷⁸ Es la suma de las columnas 2, 3 y 4. Esta operación disminuye la cantidad de agua residual eliminado en las tinas de enjuague D y E.

Tabla63. Salidas por operación unitaria

Tina	Abastecimiento	Evaporación		Arrastre		Adsorción		Reutilización	Descarga diaria	Salidas
		%	Kg/día	%	Kg/día	%	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día
Desengrase	Desengrasante	20	5.5936	20	0.2594	20	-	-	-	5.853
	Agua Potable	80	22.37	80	1.04	80	-	-	-	23.41
Enjuague A	Agua Potable	100	2.4	100	0.432	100	-	-	117.17	120.00
Enjuague B	Agua Potable	100	2.4	100	0.93	100	-	-	116.67	120.00
Decapado 1	HCl	90	1.755	90	0.39	90	-	-	-	2.14
	Agua Potable	10	0.195	10	0.044	10	-	-	-	0.24
Decapado 2	HCl	10	0.732	10	0.095	10	-	-	-	0.83
	Agua Potable	90	6.58	90	0.86	90	-	-	-	7.44
Decapado 3	HCl	15	8.6955	15	0.044	15	-	-	-	8.74
	Agua Potable	60	34.78	60	0.18	60	-	-	-	34.96
	H ₂ SO ₄	25	14.49	25	0.073	25	-	-	-	14.56
Enjuague C	Agua Potable	100	2.64	100	3.08	100	-	-	174.28	180.00
Neutralización1	Agua De Enjuague D	100	2.2	100	0.51	100	-	-	-	2.71
Neutralización 2	Agua De Enjuague E	100	12.02	100	0.76	100	-	-	-	12.78
Bastidor Zincado1	Soda Cáustica	3.67	2.17	3.67	0.0053	3.67	0.0624	-	-	2.24
	Cianuro	2.97	1.76	2.97	0.0042	2.97	0.05	-	-	1.81
	Agua Potable	87.09	51.62	87.09	0.144	87.09	1.48	-	-	54.80
	Abrillantador	4.89	2.9	4.89	0.007	4.89	0.083	-	-	2.99
	Purificador	0.34	0.2	0.34	0.0005	0.34	0.006	-	-	0.20
	Zinc metal	1.04	0.61	1.04	0.0015	1.04	0.0186	-	-	0.63
Bastidor Zincado 2	Soda Cáustica	3.77	0.64	3.77	0.01	3.77	0.045	-	-	0.69
	Cianuro	2.81	0.48	2.81	0.007	2.81	0.034	-	-	0.52
	Agua Potable	86.99	14.9	86.99	1.22	86.99	1.05	-	-	17.22
	Abrillantador	3.03	0.52	3.03	0.008	3.03	0.036	-	-	0.56

	Purificador	2.22	0.38	2.22	0.005	2.22	0.026	-	-	0.41
	Zinc metal	1.18	0.20	1.18	0.01	1.18	0.014	-	-	0.22
6 Tambores de zincado	Soda Cáustica	3.72	0.41*6	3.72	0.02*6	3.72	0.11*6	-	-	0.000054
	Cianuro	3.55	0.39*6	3.55	0.02*6	3.55	0.11*6	-	-	0.000052
	Agua Potable	84.8	9.44*6	84.8	3.12*6	84.8	2.66*6	-	-	0.0000152
	Abrillantador	6.42	0.71*6	6.42	0.004*6	6.42	0.2*6	-	-	0.000914
	Purificador	0.33	0.036*6	0.33	0.002*6	0.33	0.010*6	-	-	0.000048
	Zinc metal	1.18	0.13*6	1.18	0.034*6	1.18	0.045*6	-	-	0.000209
Enjuague D	Agua Potable	100	2.64	100	1.35	100	-	2.71	43.3	50.00
Enjuague E	Agua Potable	100	2.16	100	0.16	100	-	12.78	134.9	150.00
Enjuague F	Agua Potable	100	2.64	100	0.38	100	-	-	156.98	160.00
Enjuague G	Agua Potable	100	2.64	100	0.38	100	-	-	156.98	160.00
Activado ácido nítrico	HNO ₃	5	0.11	5	0.025	5	-	-	-	0.13
	Agua Potable	95	2.05	95	0.475	95	-	-	-	2.52
Pasivado Azul	HNO ₃	5	0.11	5	0.0061	5	0.04	-	-	0.15
	Agua Potable	89.74	1.85	89.74	0.85	89.74	0.747	-	-	2.74
	Pasivado	5.26	0.11	5.26	0.006	5.26	0.043	-	-	0.16
Enjuague H	Agua Potable	100	2.16	100	0.12	100	-	-	157.72	160.00
Pasivado Irisado	HNO ₃	6.85	0.15	6.85	0.021	6.85	0.12	-	-	0.29
	Agua Potable	67.2	1.47	67.2	0.082	67.2	1.2	-	-	2.012
	Pasivado	25.95	0.571	25.95	0.082	25.95	0.46	-	-	1.11
Enjuague I	Agua Potable	100	2.16	100	0.31	100	-	-	97.53	100.00
Pasivado verde oliva	Pasivado	11.76	0.18	11.76	0.008	11.76	0.042	-	-	0.23
	Agua Potable	73.52	1.14	73.52	0.05	73.52	0.26	-	-	1.45
	Hno ₃	14.72	0.23	14.72	0.011	14.72	0.05	-	-	0.29
Enjuague J	Agua Potable	100	1.44	100	0.07	100	-	-	69.56	71.00
Sellado	Agua Potable	100	5.36	100	1.35	100	-	-	233.29	240.00

Fuente: Las autoras

Como se observó en la tabla de entrada de agua (tabla 59), los enjuagues por inmersión presentaron el mayor consumo de agua potable entre las operaciones unitarias, por consiguiente generó el vertimiento más alto (ver tabla 63).

2.2.2.9.5 Diagrama de la situación actual.

Con base en los resultados del balance de materia, se presenta a continuación los esquemas de la situación actual en la industria de zincado. La figura 16, describe el consumo de agua potable, la recirculación de aguas de lavado y la generación de agua residuales, la figura 17 muestra el consumo de materias primas y la producción de residuos a partir de estas.

2.2.2.9.6 Gasto mensual

El gasto mensual que la industria realiza para la compra de insumos, pago de servicios públicos y otros gastos generados en esta, se observan a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 64. Gasto mensual del consumo de materias primas en el proceso

Sustancias químicas de proceso	Densidad (Kg/L)	Adquisición de materia prima mensual (Kg)	Costo del reactivo (\$ /Forma de venta)	Gasto mensual (\$) ⁷⁹
Zinc metal	-	54	2900/1K	156600
Soda cáustica	2.13	180	1600/1K	288000
cianuro de sodio	1.65	150	2100/1K	315000
Ácido Sulfúrico	1.84	400	380/1K	152000
Ácido clorhídrico	1.16	300	2300/4L	148700
Desengrasante	1.00278	160	3200/1K	512000
Abrillantador	1.3095	240	5000/4L	229100
Purificador	1.0697	40	5000/4L	46700
Ácido Nítrico	1.4	80	500/1K	40000
Pasivado azul	1.941	25	3200/1K	80000
Pasivado iris	1.663	50	2600/1K	130000
Pasivado verde oliva	1.4071	32	7000/4L	39800
Total				\$2.137.900

Fuente: Las autoras.

Tabla 65. Gasto mensual del consumo de energía, gas y agua en la industria

Servicios públicos en la industria	Consumo mensual	Costo del servicio (\$ /Indicador)	Gasto mensual (\$)
Energía	755 KW/h	177.3267	133881
Agua	55.3m ³	2087.76	115453
Gas	201 m ³	394.1	79214
Total			\$328548

Fuente: Las autoras.

⁷⁹ Se determina con el consumo de materia prima mensual y la densidad de la sustancia química, para determinarla de acuerdo a su venta en litros o kilos. (Ej. Soda cáustica tiene un consumo de 100 Kg mes y una densidad de 2.13 Kg/L por consiguiente son 46.95 L consumidos en el mes; la soda la venden a \$7750 en 4L por 46.95 L, por consiguiente en el mes hay un consumo de soda cáustica de \$ 90.965

Tabla 66. Otros gastos mensuales

Otros gastos	Gasto mensual (\$)
Pago de Trabajadores	1.280.000 ⁸⁰
Gancheras	10000
Equipo de protección laboral	60000
Total	1.350.000

Fuente: Las autoras.

Tabla 67. Gasto mensual total en la industria

Gastos	Gasto mensual (\$)
Sustancias químicas de proceso	2.137.900
Servicios públicos	328.548
Otros	1.350.000
Total	3.816.448

Fuente: Las autoras.

2.2.2.9.7 Caracterización de las aguas residuales

De acuerdo a los análisis físico-químicos realizados por el convenio DAMA-IDEAM, se verificó el cumplimiento de la resolución 1074/97 del DAMA, con el fin de establecer las cargas contaminantes vertidas al alcantarillado. El resultado de estos parámetros se utilizará en el capítulo 3 como herramienta en el desarrollo de los indicadores.

- *Descripción del muestreo*

Para la caracterización de las aguas residuales en la industria, se tomaron tres muestras puntuales, correspondientes a:

Descarga1: Enjuagues de zincado

Descarga2: Enjuagues de pasivado

Descarga3: Enjuagues de decapado

El reporte de datos de cada una de las descargas, tomadas en campo se observan en la siguiente tabla:

Tabla 68. Parámetros medidos in situ para las muestras puntuales

Descarga	Día	Hora	pH (Norma 1074 = 5-9 Unidades)	temperatura (Norma 1074 <30° C)
No. 1	17/09/02	4:15 a.m - 5:30p.m	1.59	15.2
No. 2	17/09/02	4:15 a.m - 5:30p.m	2.74	14.7
No. 3	17/09/02	4:15 a.m - 5:30p.m	2.82	14.7

Fuente: DAMA

⁸⁰ Salario mensual * Número de trabajadores

- *Parámetros físico-químicos*

En las tablas 69, 70 y 71 se enuncian los análisis de laboratorio para verificar el cumplimiento de cada uno de las descargas en la industria, de acuerdo a la resolución 1074/97 del DAMA.

Descarga 1

Tabla 69. Análisis de laboratorio para la descarga D1

Parámetros	Unidades	Técnica Analítica	Resultados D1	Norma DAMA	Estado
DBO	mg/L O ₂	Incubación 5 días	33.3	1000	Cumple
DQO	mg/L O ₂	Reflujo cerrado	393	2000	Cumple
SST	mg/L	Gravimétrico	122	800	Cumple
SS	mg/L	Volumétrico	8	2	Incumple
GRASAS Y ACEITES	mg/L	Gravimetría	16.6	100	Cumple
CROMO TOTAL	Mg/L Cr	Espectofotométrico	3.82	1	Incumple
CROMO VI	Mg/L Cr	Espectofotométrico	0.005	0.5	Cumple
COBRE	Mg/L Cu	Espectofotométrico	0.53	0.25	Incumple
NIQUEL	mg/L	Espectofotométrico	0.43	0.2	Incumple
ZINC	mg/L	Espectofotométrico	618	5	Incumple
CIANURO	mg/L	Electrodo selectivo	5.08	1	Incumple
ESTAÑO	mg/L	Espectofotométrico	10	-	S.N

Fuente:DAMA

S.N: Sin Norma

Descarga 2

Tabla 70. Análisis de laboratorio para la descarga D2

Parámetros	Unidades	Técnica Analítica	Resultados D1	Norma DAMA	Estado
DBO	mg/L O ₂	Incubación 5 días	6.3	1000	Cumple
DQO	mg/L O ₂	Reflujo cerrado	<50	2000	Cumple
SST	mg/L	Gravimétrico	3.6	800	Cumple
SS	mL/L	Volumétrico	0.1	2	Cumple
GRASAS Y ACEITES	mg/L	Gravimetría	4.42	100	Cumple
CROMO TOTAL	Mg/L Cr	Espectofotométrico	2.89	1	Incumple
CROMO VI	Mg/L Cr	Espectofotométrico	189.5	0.5	Incumple
COBRE	Mg/L Cu	Espectofotométrico	0.93	0.25	Incumple
NIQUEL	mg/L	Espectofotométrico	0.18	0.2	Cumple
ZINC	mg/L	Espectofotométrico	237	5	Incumple
CIANURO	mg/L	Electrodo selectivo	0.103	1	Cumple
ESTAÑO	mg/L	Espectofotométrico	10	-	S.N
SULFURO	Mg/L	Volumétrico	0.37		Cumple

Fuente:DAMA

S.N: Sin Norma

Descarga 3

Tabla 71. Análisis de laboratorio para la descarga D3

Parámetros	Unidades	Técnica Analítica	Resultados D1	Norma DAMA	Estado
DBO	mg/L O ₂	Incubación 5 días	13.6	1000	Cumple
DQO	mg/L O ₂	Reflujo cerrado	50	2000	Cumple
SST	mg/L	Gravimétrico	6	800	Cumple
SS	ml/L	Volumétrico	0.1	2	Cumple

GRASAS Y ACEITES	mg/L	Gravimetría	6.15	100	Cumple
CROMO TOTAL	mg/L Cr	Espectofotométrico	18.3	1	Incumple
CROMO VI	mg/L Cr	Espectofotométrico	0.005	0.5	Cumple
COBRE	mg/L Cu	Espectofotométrico	0.24	0.25	Cumple
NIQUEL	mg/L	Espectofotométrico	0.18	0.2	Cumple
ZINC	mg/L	Espectofotométrico	198	5	Incumple
CIANURO	mg/L	Electrodo selectivo	0.818	1	Cumple
ESTAÑO	mg/L	Espectofotométrico	10	-	S.N

Fuente:DAMA

S.N: Sin Norma

Como se observa en las tablas anteriores, la descarga 1, presenta el mayor número de parámetros que incumplen la norma, ya que son los vertimientos correspondientes a los enjuagues de los bastidores y tambores. La descarga 2 , presenta la mayor concentración de cromo hexavalente ya que esta proviene de las tinas de enjuague de los pasivados.

3 BUENAS PRACTICAS

La elaboración de conceptos propios de minimización y recuperación de residuos y materia prima en los procesos de recubrimientos electrolíticos requieren de una serie de indicadores que permitan visualizar a corto, mediano y largo plazo, cual será el camino adecuado para que las empresas puedan desarrollar su Sistema Ambiental Integral.

3.1 INDICADORES ECOLÓGICOS

Para el desarrollo de los ecoindicadores en las industrias estudio, se tomo como base el modelo desarrollado por PROPEL⁸¹, obedeciendo a la sugerencia del Ministerio del Medio Ambiente para evaluar la eficacia del modelo. Este modelo responde a dos perspectivas en las empresas. El primero es una visualización general, donde se puede observar el estado actual de la empresa con respecto a los indicadores básicos o áreas críticas (competitividad, eco-eficiencia, sistema de gestión ambiental, rentabilidad, cumplimiento legal y social y humano. El segundo corresponde a la visualización específica para cada una de las áreas, por medio de indicadores parciales. En la siguiente tabla se muestra una correlación entre los indicadores básicos (en negrilla) y los indicadores parciales.

Tabla 72. Correlación de indicadores

Competitividad	Ecoeficiencia	Sistema De Gestión Ambiental	Rentabilidad	Social Y Humano	Cumplimiento Legal
Ventas	Análisis de costos para la implementación de tecnología ambiental	Planear	Razones financieras de liquidez, rentabilidad, actividad y	Educación	Cumplimiento de las normas
Calidad	Desarrollo de la valoración de residuos	Hacer	Racionalizar en el uso de los recursos productivos	Ambiente laboral	Pago de impuestos
Innovación del producto	Eficiencia en el uso de recursos	Verificar	Retorno sobre la inversión	Generación de empleo	Conocimiento de las normas
Sistema de planeación	Eficiencia de programas ambientales	Analizar	Retorno sobre las ventas	Sistemas de información	Asesoría legal
Gestión de la información			Liquidez	Salud ocupacional	
			Seguridad de capital	Ética profesional	
			mercado	Desarrollo social empresarial	

Fuente: PROPEL

⁸¹ DAMA, Op.

Aunque cada una de estas variables, está diseñada con un enfoque a nivel ambiental y productivo, desde la obtención de materia prima, pasando por el proceso de producción, hasta la relación de mercados, solo la variable de ecoeficiencia es la que se emplea en este proyecto de investigación, ya que es en esta, donde se pueden desarrollar las buenas prácticas ambientales de manufactura, las cuales permiten identificar a los empresarios los beneficios en el incremento de la eficacia operacional, la reducción en los costos de la producción y mejoramiento en la calidad del producto. Además, se pueden controlar los consumos del recurso agua y materias primas utilizados en los procesos, reduciendo los costos relacionados con la producción.

De acuerdo a los indicadores y a la encuesta (tabla 74) desarrollada por el Ministerio del Medio Ambiente y PROPEL, se determinaron unos índices que permitieron analizar más a fondo el problema presentado en cada una de las industrias estudio y así determinar de acuerdo a su calificación⁸² cual debe ser la medida que se debe adoptar en estas. Los índices determinados para cada indicador fueron:

3.1.1 Análisis de Costos para la Implementación de Tecnología Ambiental

Este indicador define la capacidad de implementar tecnologías ambientales a partir del análisis económico de la industria.

3.1.1.1 Ganancia neta.

Califica la ganancia mensual en la industria. Se determina a partir de la venta del producto y el gasto de producción.

$$\frac{\text{Venta Mensual} - \text{Gasto Mensual}}{\text{Venta Mensual}} * 100: \% \text{ Ganancia neta}$$

3.1.1.2 Implementación de buenas prácticas y tecnologías ambientales.

Se determina a partir de la inversión que se destinó para mitigar el impacto ambiental⁸³ y la ganancia mensual.

$$\frac{\text{Inversión para mitigar el impacto ambiental}}{\text{Venta mensual} - \text{Gasto mensual}} * 100: \% \text{ Implementación}$$

⁸² Su calificación se realiza de acuerdo al balance de materia y al análisis de cada industria.

⁸³ De acuerdo a la encuesta realizada por las autoras las industrias delegaron un valor anual de \$1.200.000 destinado a inversiones que mitigaron impactos ambientales, mensualmente se asumió una inversión de \$100.000.

3.1.2 Desarrollo de la Valoración de Residuos

La aplicación de este índice, verifica la eficiencia en la producción, tratamiento y disposición de lodos, residuos líquidos y sólidos.

3.1.2.1 Calidad del proceso según lodos generados:

Determina la eficiencia del proceso, a partir del volumen de lodos presentes en el residuo total generado en la industria. De esta manera, si se obtiene una baja eficiencia, el volumen de lodo que se encuentra en la tina es alto, debido a un exceso en la entrada de materia prima.

$$\frac{\text{Residuo Total - Lodos generados mensualmente en el proceso}}{\text{Residuo Total (Residuos líquidos, sólidos y lodos) generados al mes}} * 100: \% \text{ Eficiencia.}$$

3.1.2.2 Calidad del proceso según residuos líquidos generados.

Determina la eficiencia del proceso, a partir del volumen de residuos líquidos presentes en el residuo total generado en la industria. De esta manera si se obtiene una baja eficiencia, el volumen de residuos líquido (descarga y arrastre) será mayor a la producción de lodo y residuo sólido.

$$\frac{\text{Residuo Total - Residuos Líquidos en el proceso}}{\text{Residuo líquidos, sólidos y lodos}} * 100 : \% \text{ Eficiencia}$$

3.1.2.3 Calidad del proceso según residuos sólidos generados.

Determina la eficiencia del proceso, a partir del volumen de residuos sólidos presentes en el residuo total generado en la industria. De esta manera si se obtiene una baja eficiencia, el volumen de residuos sólidos será mayor que la producción de residuos líquidos y de lodos.

$$\frac{\text{Residuo Total - Kg Residuos Sólidos en el proceso}}{\text{(Kg Residuos líquidos, sólidos y lodos)}} * 100: \% \text{ Eficiencia}$$

3.1.2.4 Eficiencia en la Minimización de residuos.

Este índice determina la eficiencia de la industria en el manejo de los residuos, al ser involucrados nuevamente en el proceso o dispuestos para otros fines, tales como: fabricación de nuevos productos, venta a otras industrias para involucrarse en el proceso.

A.

$$\frac{\text{Kg de Reutilización del residuo}}{\text{Kg Residuo total}} * 100: \% \text{ de Residuos a reutilizar en el proceso}$$

B.

$$\frac{\text{Kg de residuo para otros fines}}{(\text{Kg Residuo total} - \text{Kg Residuo de reutilización})} * 100: \% \text{ Reutilizado para la fabricación de nuevos productos}$$

3.1.2.5 Eficiencia en la minimización de Residuos para disposición final.

Determina la eficiencia en la aplicación de buenas prácticas, al disminuir el volumen de residuos que serán destinados a disposición final.

$$\frac{(\text{Res. a reutilizar en el proceso} + \text{Res. Para nuevos productos}) * 100}{\text{Residuos total}} \% \text{ Eficiencia}$$

3.1.2.6 Cumplimiento de la normatividad de vertimientos.

Este índice califica el cumplimiento de cada parámetro según la norma. De acuerdo a la calificación antes mencionada y a la normatividad 1074/97, se asumió un 50% como porcentaje base para el cumplimiento de la norma. Estar por debajo de este porcentaje indica un incumplimiento de la norma.

$$\frac{\text{Norma establecida para tipo de parámetro} * 50}{\text{Valor parámetro analizado (Lab.)}} : \% \text{ de cumplimiento o incumplimiento}$$

3.1.3 Eficiencia en el uso de recursos

Por medio de este indicador parcial, las industrias en estudio buscan determinar la eficiencia en el uso de los recursos agua y materia prima. Los índices que a criterio de las autoras son aplicables a este indicador son:

A. **Recurso agua.**

3.1.3.1 Eficiencia en el control de vertimientos.

Se determina a partir del consumo de agua diario, teniendo en cuenta la descarga de agua diaria.

$$\frac{\text{Consumo de agua total} - \text{descargas}}{\text{Consumo de agua total}} * 100: \% \text{ de eficiencia}$$

3.1.3.2 Eficiencia en el control de arrastre.

A partir de los residuos líquidos industriales, se evalúan las pérdidas de agua por arrastre.

$$\frac{\text{vertimiento} - \text{Pérdida de agua (suma de los arrastre)}}{\text{Vertimiento}} : \% \text{ Eficiencia}$$

3.1.3.3 Eficiencia en el control del recurso hídrico.

Se evalúa de acuerdo a los vertimientos y la recirculación de agua.

$$\frac{\text{Recirculación de agua}}{\text{Vertimiento} + \text{recirculación de agua}} * 100: \% \text{ de eficiencia de recirculación}$$

3.1.3.4 Eficiencia en el aprovechamiento de agua.

Se evalúa de acuerdo a la recirculación de agua y al consumo en el proceso.

$$\frac{\text{Recirculación de agua}}{\text{Consumo de agua en el proceso} + \text{recirculación de agua}} * 100: \% \text{ de eficiencia}$$

B. **Recurso materia prima** (piezas a recubrir, sustancias químicas y otros materiales utilizados en el proceso).

3.1.3.5 Eficiencia en el manejo de las materias primas.

Se califica a través de las pérdidas de materia prima teniendo en cuenta el volumen adquirido de materia prima. Estas pérdidas se observan durante el transporte, manipulación, vencimientos y el inadecuado escurrimiento de los contenedores que contienen el producto.

$$\frac{\text{Compra de materia prima} - \text{perdida de materia prima}}{\text{Compra de materia prima para el proceso}} * 100: \% \text{ de eficiencia}$$

3.1.3.6 Eficiencia en el control de insumos.

Se evalúa de acuerdo a la recirculación de materia prima y la materia prima adquirida.

$$\frac{\text{Recirculación de materia prima}}{\text{Materia prima adquirida}} * 100: \% \text{ de eficiencia}$$

3.1.4 Eficiencia en el desarrollo de programas ambientales

Por medio de este indicador se evalúa el cambio de actitud de los operarios a partir de las experiencias con otras industrias, estableciendo medidas que tengan resultados favorables y creando una estrategia ambiental y corporativa. Los siguientes índices califican la eficiencia de programas ambientales:

3.1.4.1 Conciencia en el desempeño ambiental.

Evalúa el número de trabajadores que conocen y están dispuestos al cambio en beneficio de una producción limpia.

$$\frac{\text{No. de trabajadores con conciencia ambiental}}{\text{No. de trabajadores en la industria}} * 100: \% \text{ conciencia ambiental}$$

3.1.4.2 Accidente ambientales controlados.

Califica la cantidad de accidentes ambientales controlados de acuerdo al numero de accidentes totales⁸⁴.

$$\frac{\text{Accidentes totales} - \text{Accidentes ambientales}}{\text{Accidentes totales}} * 100: \% \text{ Control de accidentes Amb.}$$

3.1.4.3 Aplicación de programas ambientales.

Califica las políticas, prácticas internas de la empresa, leyes y regulaciones ambientales, por medio de los cambios adoptados.

$$\frac{\text{Cambios adoptados}}{\text{problemas ambientales encontrados en la industria}} * 100: \% \text{ Aplicación de programas ambientales}$$

⁸⁴ Se considera como accidente total : Quemaduras, salpicaduras, inhalación de gases tóxicos, pérdidas de materia prima.

Los costos para la implementación de los eco-indicadores estarán directamente relacionados con el desarrollo de una auditoría en la industria enfocada al balance de materia y a los análisis de laboratorio para las descargas.

3.2 EVALUACIÓN DE INDICES

Siguiendo con el modelo de eco-indicadores, se realizó en cada una de las industrias una encuesta mediante la asignación de preguntas en los niveles codificados en color, así: el nivel rojo establece la información primaria es decir fue suministrada por los operarios, el nivel amarillo corresponde a la información secundaria obtenida en libros y datos anteriores y finalmente el nivel verde, hace referencia a la información exploratoria obtenida por análisis de laboratorio. La encuesta cuenta con 32 preguntas, las cuales correlacionan el índice con su correspondiente indicador. De acuerdo a la tabla 73 y al valor porcentual obtenido en cada índice se determina el valor cualitativo de este.

Tabla73. Calificación de índices de acuerdo al indicador

Indicador Parcial		Índice
Forma numérica	Forma porcentual (%)	
0	0-10	Muy deficiente
1	11-20	Deficiente
2	21-40	Malo
3	41-80	Regular
4	81-90	Bueno
5	91-100	Excelente

Fuente: las autoras

Por medio de un ejemplo de cálculo, se describe la forma en que se evaluó los índices propuestos por las autoras y el Ministerio del Medio Ambiente a las industrias estudio en la tabla 74.

Ejemplo de calculo: Se analiza la pregunta 6 del nivel verde, para la industria ce Anodizados :Colombiana de Aluminios.

Nivel verde

Pregunta 6. Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cadmio según la norma y el real encontrado en una muestra testigo en el último año.

Indicador. Desarrollo De La Valoración De Residuos

Número de índice. 3.1.2.7. Esta numeración pertenece al índice:

Norma establecida para tipo de parámetro *50: % de cumplimiento o incumplimiento

Valor parámetro analizado (Lab.)

0.003 *50: 5% incumplimiento
0.03(Lab.)

Por medio de la resolución 1074/97 y los datos de laboratorio realizados por el DAMA, se estableció que el porcentaje obtenido es **Muy Deficiente** de acuerdo al sistema de calificación de índices

Tabla 74. Evaluación de índices

PREGUNTA	INDICADOR - NUMERO DE INDICE	COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA		ZN'S INVERSIONES SUAREZ Y RIOS LTDA	
		Calificación de índice de acuerdo al indicador	%	Calificación de índice de acuerdo al indicador	%
1. Que porcentaje de ganancia existe sobre la venta anual?	Análisis De Costos Para la Implementación De Tecnología Ambiental 3.1.1.1	Regular	68.97	Malo	38.93
2- En qué porcentaje estima usted que en el último año realizo inversiones para mitigar y evitar impactos ambientales?	Análisis De Costos Para la Implementación De Tecnología Ambiental 3.1.1.2	Muy deficiente	1	Muy deficiente	4.5
3. Determinar el porcentaje de calidad en el proceso con respecto a la producción de lodos?	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.1	Excelente	95	Excelente	94
4- Que porcentaje de residuos generados se vuelven a reutilizar en el proceso de producción?	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.4 A	Bueno	82	Muy deficiente	0.97
5- Que porcentaje de los residuos generados se utilizan para otros fines?	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.4 B	Regular	70	Muy deficiente	0
6- Determinar el porcentaje de calidad en el proceso con respecto a la producción de residuos líquidos?	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.2	Malo	26.47	Muy deficiente	6.3
7- Evalúe el porcentaje de ahorro de vertimientos frente al consumo total	Eficiencia en el uso de recursos 3.1.3.1	Malo	30.70	Muy deficiente	8.23
8- Evalúe la eficiencia de los arrastres frente a los vertimientos	Eficiencia en el uso de recursos 3.1.3.2	Excelente	98.32	Excelente	99.07
9. Determine el porcentaje de trabajadores con conciencia ambiental sobre el total de trabajadores	Eficiencia en el desarrollo de programas ambientales 3.1.4.1	Muy deficiente	0	Regular	66.66
10. Determine el porcentaje de cambios adoptados a nivel ambiental teniendo en cuenta los problemas ambientales encontrados en la industria	Eficiencia en el desarrollo de programas ambientales 3.1.4.3	Muy deficiente	0	Muy deficiente	0
1- Determinar el porcentaje de calidad en el proceso con respecto a la producción de residuos Sólidos?	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.3	Excelente	99.37	Excelente	99.68
2-Que porcentaje del total de los residuos generados, son separados y destinados para una disposición final específica.	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.5	Regular	62	Muy deficiente	0.97
3-Determine el porcentaje de la materia prima utilizada teniendo presente el total de la materia prima adquirida, averiada, etc, en el último año.	Eficiencia en el uso de recursos 3.1.3.5	Excelente	98	Excelente	98
4- Determine el porcentaje de eficiencia de aprovechamiento de agua sobre el consumo de agua industrial.	Eficiencia en el uso de recursos 3.1.3.4	Regular	56.84	Muy deficiente	0.89
5- Determine el porcentaje de	Eficiencia en el uso de	Muy deficiente	0	Muy deficiente	0

eficiencia de aprovechamiento de materia prima sobre el total de materia prima adquirida.	recursos 3.1.3.6				
6-Evalúe en porcentaje la medida en que se han evitado los accidentes ambientales con relación a los accidentes ocurridos	Eficiencia en el desarrollo de programas ambientales 3.1.4.2	Excelente	100	Excelente	100
7-Determine la eficiencia de recirculación de agua de acuerdo a los vertimientos	Eficiencia en el uso de recursos 3.1.3.3	Regular	73.78	Muy deficiente	0.97
1-Determine el porcentaje de cumplimiento entre el DBO5 que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Excelente	100
2- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el SST que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Excelente	100
3- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el DQO que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Excelente	100
4- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el SS que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Malo	25	Deficiente	12.5
5- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Grasas y aceites que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Excelente	100
6- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cadmio que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Muy deficiente	5	Muy deficiente	0.06
7- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cianuro que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Muy deficiente	9.84
8- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cobre que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Malo	23.58
9- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cromo total que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Deficiente	13.09
10- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cromo VI que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Excelente	100
11- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	-	-

Sulfuro que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año					
12- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Zinc que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Muy deficiente	0.40
13- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Níquel que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	Malo	23.25
14- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el SAAM que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	-	-
15- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Fenoles que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo en el último año	Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6	Excelente	100	-	-

Fuente: Las autoras

3.3 ANALISIS DE LOS ECO-INDICADORES

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente, se promediaron en la siguiente tabla, los índices de cada indicador parcial, con este valor se estableció, la calificación cuantitativa y cualitativa de cada indicador. Cabe anotar que el objetivo al calificar estos eco-indicadores es buscar la excelencia de estos, por consiguiente si la calificación cuantitativa es menor a cinco, es necesario adoptar medidas para su mayor eficiencia.

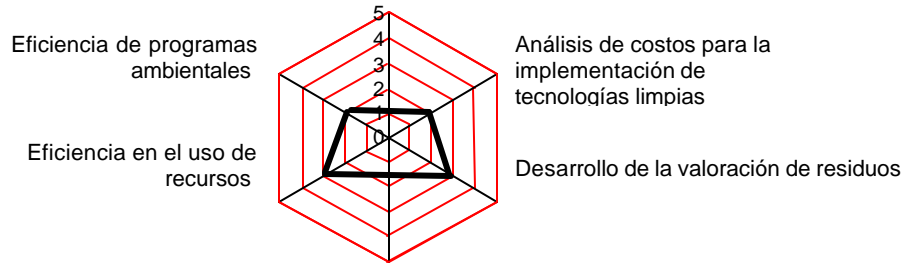
Tabla 75. Calificación de las industrias de acuerdo al indicador de ecoeficiencia

Indicador parcial	Índice					
	Colombiana de Aluminios			Zn's Inversiones Suárez y Ríos		
	Promedio porcentual	Calificación Cuantitativa	Calificación Cualitativa	Promedio porcentual	Calificación Cuantitativa	Calificación Cualitativa
Análisis de costos para la implementación de tecnologías ambientales	34.985	2	Malo	21.715	2	Malo
Desarrollo de la valoración de residuos	62.76	3	Regular	27.455	2	Malo
Eficiencia en el uso de recursos	59.6	3	Regular	34.63	2	Malo
Eficiencia en el desarrollo de programas ambientales	33.33	2	Malo	55.55	3	Regular

Fuente: las autoras

La calificación cuantitativa, se realizó a través de una escala nominal del cero al cinco, de tal manera que la información arrojara la percepción de la eficiencia del indicador. Tomando como base el resultado de la tabla anterior, se muestra a manera de gráfica, la calificación de los indicadores parciales en cada una de las industrias estudio.

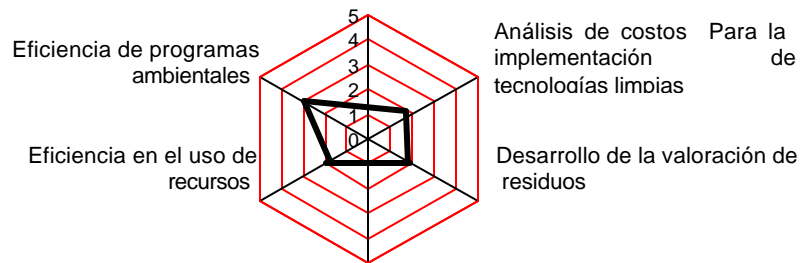
Figura 18. Calificación de los indicadores en la industria Colombiana de Aluminios



Fuente: Colombiana de Aluminios Ltda.

Como se observa en la figura 18, actualmente la industria Colombiana de Aluminios, a pesar de sus esfuerzos, no ha realizado actualmente, una inversión significativa en el proceso enfocado a la protección del medio ambiente aunque su ganancia sea productiva; sin embargo, atendiendo los requerimientos por parte del DAMA ha llevado a que esta adopte sistemas de tratamiento sencillos que han disminuido el consumo de agua y sus vertimientos, pero sigue siendo, la generación de los residuos líquidos frente a los demás residuos el problema más significativo y por consiguiente el de mayor importancia para la aplicación de producción limpia y cumplimiento de la norma.

Figura 19. Calificación de los indicadores en la industria ZN'S Inversiones Suárez y Ríos



Fuente: Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

La industria ZN's Inversiones Suárez y Ríos, con el objeto de adquirir conocimientos en el manejo eficiente del proceso, se intereso en participar en el programa realizado por el

convenio Acercar - Dama para industrias de Galvanotecnia, ya que como se observa en la figura 19, el volumen de residuos generados en la industria es alto, principalmente los residuos líquidos por fallas en el desarrollo del proceso, lo que conlleva a la necesidad de invertir en la adopción de tecnologías y buenas prácticas, que disminuyan volúmenes de vertimientos y cargas contaminantes sin afectar la calidad del producto.

3.4 PLAN DE ACCIÓN

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente (figuras 18 y 19), se observó una ineficiencia en los indicadores parciales, por esta razón, se priorizaron en la tabla 76 estos indicadores, para así determinar cuales tendrían un plan de acción inmediato, por ser los indicadores que correspondían a los índices de más baja calificación porcentual. Además, facilitó la selección de medidas que se plantearon en cada una de las industrias estudio.

Tabla 76. Priorización de los indicadores parciales en cada una de las industrias estudio.

INDICADOR PARCIAL	PRIORIZACIÓN	
	Colombiana de Aluminios	ZN's Inversiones Suárez y Ríos
Análisis de costos para la implementación de tecnologías ambientales	-	-
Desarrollo de la valoración de residuos	1	1
Eficiencia en el uso de recursos	1	1
Eficiencia de programas ambientales	1	2

Fuente: Las Autoras

De acuerdo a la tabla anterior el indicador de análisis de costos para la implementación de tecnologías ambientales no se considera dentro de la priorización, debido a que cualquier cambio desarrollado en la industria, genera una inversión ambiental que incrementa la calificación cuantitativa de este indicador.

Como se observa, la priorización para la industria Zn's Inversiones Suárez y Ríos, en el ecoindicador eficiencia de programas ambientales, no se considera de acción inmediata, ya que este actualmente es participe en el Convenio DAMA-ACERCAR, la cual tiene como fin realizar actividades que permitan el mejoramiento de la gestión ambiental empresarial, mediante actividades como la concertación para una producción más limpia. Por el contrario, la industria Colombiana de Aluminios nunca ha estado en algún programa o capacitación ambiental. Considerando que para una buena minimización se debe capacitar y entrenar permanentemente al personal que trabaja en el proceso industrial, se desarrollo en una ficha técnica (ver ficha 2), los puntos a considerar en una capacitación y así obtener mejoras en los procedimientos que involucren el manejo adecuado en cada una de las operaciones.

Sin embargo, una alta calificación en la eficiencia de programas ambientales, no es suficiente para que una industria sea eco-eficiente en el desarrollo de sus procesos, de esta manera para la aplicación de políticas de producción más limpia y de acuerdo a la priorización descrita en la

tabla anterior, se procedió a evaluar en la tabla 77, las medidas que se debían adoptar para los indicadores parciales más relevantes, donde se analizaron los índices con calificación por debajo del 80%, correspondiente a una calificación cualitativa de regular a muy deficiente.

Tabla 77. Medidas analizadas de acuerdo a los índices de baja eficiencia para las industrias estudio.

Indicador	Índice (Deficiencias actuales)	Aplicación	Medida analizada		Remítase a:	
					Colombiana de Aluminios	ZN's Inversiones Suárez y Ríos
Eficiencia en el uso de recursos	3.1.3.1. Control de vertimientos	Agua y Materia Prima	Prolongación de la vida de los baños	Cambios estructurales y adopción de nuevos procesos.	Tabla 79	Tabla 80
	3.1.3.3 Recirculación		Minimización de arrastre	Prolongación del tiempo de escurrido	Ficha 1	
				Colocación óptima de la pieza	Ficha 1	
				Composición física del baño	Ficha 1	
	3.1.3.4 Control de insumos		Minimización de Consumo	Cambios estructurales	Tabla 81	Tabla 82
	3.1.3.6 Aprovechamiento de agua			Cambios estructurales	Tabla 83	Tabla 84
		Manejo en la adquisición	Ficha 2(criterios a capacitar) Anexo L			
Desarrollo de la valoración de residuos	3.1.2.2 Residuos Líquidos generados	Residuo Líquido	Minimización de cargas contaminantes	Sustitución materia prima en el proceso	Tabla 88	Tabla 88
	3.1.2.4 Reutilización			Tratamiento	Ficha 3 Tabla 91	Ficha 3 Tabla 91

Fuente: Las Autoras

Como se observa en la tabla anterior, se evaluó para el indicador eficiencia en el uso de recursos, los recursos agua y materia prima, de acuerdo a los índices que presentaban menor eficiencia, de esta manera se analizaron las buenas prácticas que permitieron aumentar la calificación del índice.

Para el indicador desarrollo de la valoración de residuos, solo se tuvo en cuenta el residuo líquido, ya que el residuo sólido generado en la industria, son los lodos de metales pesados. Al ser evaluado esta por el índice calidad del proceso según lodos generados, se observó en las dos industrias una reducida generación, para justificar un tratamiento in situ, por tal razón se consideró una gestión externa después de ser secado este residuo. Los altos volúmenes de residuo líquido y el incumplimiento de los parámetros de vertimientos generados en las plantas, condujo a analizar las diferentes opciones que minimizaran estas deficiencias. Aunque un sistema de tratamiento no es considerado como producción más limpia, ya que esta se orienta a la autogestión y no a la implementación de sistemas de control, se consideró dentro de las medidas evaluadas un tratamiento, ya que este se involucrará dentro del proceso como

operación unitaria, al recargar las tinas y utilizar materia prima agotada, de tal forma este sería una buena práctica.

A partir de la tabla anterior, se evaluaron en dos fases las alternativas que minimizaran las deficiencias actuales en las industrias. La primera fase hace referencia a un cambio en la infraestructura con su correspondiente análisis técnico, económico y ambiental⁸⁵. En la segunda fase se observan en fichas técnicas, las buenas prácticas que son aplicables al sector galvanostégico y que es el soporte para un proceso eco-eficiente.

A continuación se analizaron las medidas que llevaron a la eficiencia de los índices con un porcentaje menor al 80%, pertenecientes a cada indicador.

3.4.1 EFICIENCIA EN EL USO DE RECURSOS

índice deficiente: Control de vertimientos e insumos

Medida analizada: Prolongación de la vida de los baños.

Se estudia la prolongación de la vida de los baños, en este indicador, porque se pretende disminuir el consumo del recurso agua y materia prima.

En el desarrollo de esta medida, se estudiaron los cambios estructurales y la adopción de nuevos procesos, con el fin de remover sustancias que puedan llegar a contaminar otros baños afectando la calidad del producto y disminuir los arrastres por el inadecuado diseño de las tinas, como se observa en el análisis técnico, económico y ambiental planteado en las tablas 79 y 80 para las industrias estudio.

Las alternativas para prolongar la vida de los baños están enfocadas a los cambios estructurales por variación en el volumen de las tinas y a la adopción de nuevos procesos por disminución en la calidad del producto. Además, se deben desarrollar las siguientes buenas prácticas⁸⁶:

- La materia prima utilizada en la operación de desengrase, debe ser a base de soluciones acuosas, las cuales contienen fundamentalmente detergentes inorgánicos, sustancias orgánicas por lo general biodegradables.
- Para retirar las grasas de forma manual en el baño de desengrase, debe enfriarse la tina a temperatura ambiente.
- A continuación se describe la concentración mínima para las industrias estudio:

⁸⁵ La alternativa económica indica la inversión y el periodo de amortización de cada medida; para esta alternativa la industria Galvano suministro las cotizaciones correspondientes a los cambios estructurales (tinas, bandejas inclinadas) y para el costo de materia prima, las cotizaciones fueron proporcionadas por Diácidos y Derquímicos. La alternativa ambiental enuncia la minimización de los problemas ambientales y la alternativa técnica indica la eficiencia en el proceso productivo.

⁸⁶ OLLARD, Opcit., p 189.

Tabla 78. Concentración mínima para diferentes baños

OPERACIÓN UNITARIA	MATERIA PRIMA	CONCENTRACIÓN (g/L)
COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA		
Desengrase	Fosfato Trisódico	25
Decapado	NaOH	25
Anodizado	H ₂ SO ₄	150
ZN'S INVERSIONES SUAREZ Y RIOS LTDA		
Desengrase	Fosfato Trisódico	25
Decapado	HCl	50
Zincado	Zinc Cianuro	32

Fuente: Manual de Recubrimientos Electrolíticos.

La vida útil de los baños se analiza de acuerdo a la mínima concentración a la cual deben estar las soluciones para ser recargadas. Por experiencia obtenida en las visitas técnicas, se aconseja efectuar los análisis de laboratorio dos veces al año.

1. Colombiana de Aluminios:

Tabla 79. Análisis en la adopción de nuevos procesos y cambios estructurales para la prolongación de los baños

Adopción de nuevas operaciones y cambios estructurales	Alternativa económica	Alternativa ambiental	Alternativa Técnica
Desengrase	Aumento en la productividad del proceso por incremento en el tiempo de vida útil de los baños. La inversión total será de: \$391000.	Disminución de la carga contaminante del vertimiento por reducción en su contenido ácido, ya que no deben desnatarse las tinas donde se encuentran los ácidos contaminados actualmente.	Eliminación de la grasa en los baños que se encuentran actualmente contaminados. Reducción de la agresividad en el ataque sobre el material base de las piezas a anodizar. Aumento en la vida útil de los baños en las siguientes etapas del proceso productivo
Neutralizado	Disminución en el consumo de agua por recarga del enjuague de anodizado primario. La inversión total será de \$942000. ⁸⁷	Disminución de vertimientos.	Mejorar la calidad de la pieza al ser inmersa en solución alcalina
Color	La inversión total será de \$942000.	Disminución de la carga contaminante efectuando tratamiento.	Facilidad de manipulación de piezas por parte de los operarios, incremento en la productividad por facilidad de operación.
Tinas Adicionales de soluciones ácidas y alcalinas ⁸⁸	La inversión total será de \$1800000.	Disminución de la carga contaminante.	Reducción en el consumo de agua y materia prima.

Fuente: Las autoras.

La implementación de la operación de desengrase se consideró de acuerdo a la alternativa ambiental y técnica, aunque esto incrementará el consumo de materia prima en la industria por 900000 pesos/mes, efectuará un costo inicial que corresponde a la compra de la tina de 391000 pesos, cabe anotar que no existirá consumo de agua potable ya que la tina será recargada con el enjuague posterior.

⁸⁷ El incremento en el costo de la tina se debe al revestimiento interior en DPVC, necesario para tanques de neutralizado, color y pasivados.

En la operación de desengrase, no es necesario utilizar la tina adicional ya que el aceite se puede retirar manualmente con una tela oleofílica e hidrófoba cuando el baño se encuentra a temperatura ambiente.

La implementación de la operación de neutralizado se determinó de acuerdo a la alternativa ambiental por la disminución de consumo de agua debido a que el enjuague posterior del anodizado sirve como enjuague previo a este. El incremento en el costo de la tina se debe al revestimiento interior en DPVC, necesario para tinas de neutralizado, color y pasivado. Fue necesario cambiar el volumen de la tina de color para disminuir el arrastre, minimizar la recarga, prolongando la vida útil del baño.

2. Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

Tabla 80. Análisis de los cambios estructurales para la prolongación de los baños.

Adopción de nuevas tinas	Alternativa económica (Ver ejemplo de cálculo)		Alternativa ambiental	Alternativa Técnica
	Ahorro anual	Periodo de amortización		
Ácido Nítrico y pasivado	\$610900	1.5 años.	Minimización de arrastres por mejoras en la forma de la tina.	Disminución de accidentes laborales. Facilita la inmersión de las piezas en el tanque. Facilidad de conducción a la línea de tratamiento por la infraestructura de la tina. Mejorar la calidad del producto, al tener un mejor acabado.
Tinas Adicionales de soluciones ácidas y alcalinas	La inversión total será de \$1800000.		Disminución de la carga contaminante.	Reducción en el consumo de agua y materia prima.

Fuente: Las autoras.

La adopción de tinas para las operaciones de ácido nítrico y pasivados, se estableció de acuerdo a la alternativa ambiental y técnica. Con el fin de minimizar el arrastre, se aconseja descargar la tina de ácido nítrico con un mínimo volumen cada dos días, la recarga se hará el mismo día de ser descargado.

A continuación se observa el cálculo realizado para determinar por medio del período de amortización el tiempo en el que la industria recuperará la inversión por implementación de las tinas de ácido nítrico y pasivados.

⁸⁸ Este valor corresponde a la tina que se emplea para el almacenamiento provisional de los baños en donde se realiza el lavado de la tina, se emplearán dos tinas una para las soluciones ácidas y otra para las soluciones alcalinas.

Ejemplo de cálculo para la amortización:

Zn's Inversiones Suárez y Ríos

- Inversión
 Todas las tinas serán fabricadas en lámina de hierro cal.10, con revestimiento interior en DPVC.
 La cotización fue la siguiente:
 1. Tina de ácido nítrico y 1. tina de pasivado azul: 0.6*0.4*0.8m: \$205000 Valor unitario.
 1. Tina de pasivado Irisado: 0.83*0.53*0.8m: \$376000
 1. Tina de pasivado verde oliva: 0.4*0.4*0.8: \$137000
 Valor total: \$923000

- Ahorro
a. Consumo de agua Ahorrado:
 Ahorro: \$6.704 Kg/día, 2011L/año
 Valor m³ agua: \$2087.76
 Valor total: \$4200

b. Consumo Materia Prima
 Ácido Nítrico: \$128.400
 Pasivado Azul: \$151680
 Pasivado Irisado: \$218400
 Pasivado verde Oliva: \$108200
 Valor total Materia prima: \$606700

Valor total del ahorro: \$610900.

- Cálculo de la Amortización
 Amortización: $\frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} = \frac{923000}{610900} = 1.51$ años.

3.4.2 EFICIENCIA EN EL USO DE RECURSOS

Índice Deficiente: Control de vertimientos

Medida analizada: Minimización de arrastres.

Para la minimización de arrastres se estudiaron las diferentes medidas que ayudarán a disminuir el recurso agua y materia prima. Para aumentar la eficiencia en este indicador, se consideró por medio de una ficha técnica las actividades que los operarios deben realizar en el proceso industrial.

- Minimización de arrastres.

Ficha de manejo 1

DIAGNÓSTICO EN EL SECTOR DE GALVANOSTEGIA, EN EL PROCESO DE ANODIZADO Y ZINCADO A TRAVÉS DE ECOINDICADORES PARA PLANTEAR ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE AGUA, ENERGÍA Y EN LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS

Indicador	Eficiencia en el uso de recursos
Índice	- Control de insumos - Aprovechamiento de agua - Control de vertimiento - Recirculación
Objetivo	Reducir los arrastres generados en la industria por medio de buenas prácticas que conduzcan a la eficiencia de los índices propuestos.
Actividad impactante	Deficiencia en el desarrollo del proceso.

Impacto a controlar	- Contaminación de otros baños. - Alto vertimiento. - Aumento en el consumo de materias primas y agua.
---------------------	--

Tipo de medida	- Control. - Prevención.
----------------	--------------------------

Descripción de actividades

Criterios	Optimización Ecurrido	Composición fisicoquímica
Actividades	Prolongar el tiempo de escurrido de las piezas, evitando pasivación. Piezas en tambores: 30-60 seg. Piezas en tinas: 10 seg	Aumentar la temperatura del baño para reducir viscosidad y tensión superficial.
	Agitar las gancheras	
	Giro adecuado de tambores y piezas. Tambores: Extracción lenta con giro de 90° Piezas: Extracción lenta e inclinación de un extremo de la pieza hasta lograr una posición vertical en relación con la superficie del baño.	Adicionar tenso activos al baño para reducir la tensión superficial.
	Utilización de canastillas para las inmersiones de piezas pequeñas, con un diámetro de poro efectivo.	

Responsables	Operarios y supervisor.
---------------------	-------------------------

En este se observa el manejo y tiempo adecuado que debe darsele a la pieza para un óptimo escurrido. El tiempo de escurrido debe controlarse con el fin de evitar pasivación, según observaciones realizadas el tiempo óptimo es de 30-60 segundos en tambores y en los bastidores es de 10 segundos. También se observa la reducción de la viscosidad y la tensión superficial para disminuir las trazas de solución las cuales generan goteo. Con un manejo adecuado de estas actividades se minimizarán en un 20% los arrastres en las industrias, este valor se obtuvo al visitar las industrias ASAM Ltda. Y Recubrimientos Metálicos S.A. las cuales llevan dos años con estas buenas prácticas.

Otra medida es la selección de estructuras, que permitirán reducir en un 90% la generación de arrastres. Entre las opciones a analizar se encuentran el colector de goteo y las bandejas inclinadas⁸⁹. La primera es un recipiente ubicado entre las tinas de baños y enjuagues. Este tiene una altura de 5cm. La segunda opción analizada corresponde a unas placas unidas entre las tinas estas tienen como fin devolver la solución al baño.

A continuación se observa en las siguientes tablas el análisis para las industrias Colombiana de Aluminios Ltda. Y Zn's Inversiones Suarez y Ríos Ltda.

⁸⁹ Estas deben ser de PVC, PE, PP para baños ácidos y de acero inoxidable para baños alcalinos.

1. Colombiana de Aluminios Ltda:

Tabla 81. Análisis del cambio estructural para la minimización de arrastres

Minimización de arrastre	Alternativa económica (Ver ejemplo de cálculo)		Alternativa ambiental ⁹⁰	Alternativa Técnica ⁹¹
	Ahorro anual	Periodo de Amortización		
Colector de Goteo	\$238519	4 meses	Reducción del 80.59% en vertimientos.	Reducción en un 100% del consumo de agua y materias primas. Es necesaria la participación de un operario para recargar el baño.
Bandejas Inclinadas		2 meses	Reducción del 80.59% en vertimientos.	Reducción en un 100% del consumo de agua y materias primas.

Fuente: Las autoras.

Las operaciones donde se plantean instalar las estructuras analizadas serán: desengrase, decapado, brillo químico, anodizado y color, ya que son las operaciones que actualmente presenta los mayores arrastres.

Para la industria Zn's Inversiones Inversiones Suarez y Rios Ltda. Se plantea implementar en las operaciones de desengrase y decapado alguna de las estructuras analizadas, en el zincado tres (perteneciente a los tambores), se aconseja instalar una tolva que ayudará a minimizar el arrastre en un 90%.

2. ZN's Inversiones Suárez y Ríos:

Tabla 82. Análisis del cambio estructural para la minimización de arrastres

Minimización de arrastre	Alternativa económica		Alternativa ambiental ⁹²	Alternativa Técnica ⁹³
	Ahorro anual ⁹⁴	Periodo de Amortización ⁹⁵		
Colector de goteo	\$40192.38	8.9 meses ≈ 9 meses	Reducción del 90% en vertimientos.	Reducción en un 61.11% del consumo de agua y materias primas.
Bandejas inclinadas		4.18 meses ≈ 5 mes	Reducción del 90% en vertimientos.	Reducción en un 61.11% del consumo de agua y materias primas.

Fuente: Las autoras.

Como se observa en las tablas anteriores, se optó como cambio estructural para la minimización de arrastres en las industrias estudio, la implementación de bandejas inclinadas, ya que la alternativa económica era la más viable.

⁹⁰ $(\text{Arrastre actual} - \text{Arrastre propuesto}) / \text{Arrastre actual}$

⁹¹ $(\text{Consumo actual} - \text{Consumo arrastre}) * 100 / \text{Consumo actual}$

⁹² $(\text{Arrastre actual} - \text{Arrastre propuesto}) * 100 / \text{Arrastre actual}$

⁹³ $(\text{Consumo actual} - \text{Consumo arrastre}) * 100 / \text{Consumo actual}$

⁹⁴ Disminución del costo de las materias primas y agua en un 90% (porcentaje correspondiente a la disminución de arrastre).

⁹⁵ Aproximación del valor de la medida de minimización sobre el ahorro realizado en la industria.

A continuación se observa el cálculo realizado para determinar por medio del periodo de amortización el tiempo en el que la industria recuperará su inversión.

Ejemplo de calculo para la amortización:

Colombiana de Aluminios

a. Colector de goteo:
 - Ahorro: Disminución del costo de las materias primas y agua en un 80% (porcentaje correspondiente a la disminución de arrastre por esta técnica) : \$238519.92 anual
 - Inversión:
 Nro de tinas: 5
 Valor unitario: \$15000
 Valor total: \$75000

Amortización: $\frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} = \frac{75000}{238519.92} = 0.31 \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 3.77 \text{ meses} \approx 4 \text{ meses}$

♣Ahorro: Arrastre recuperado de materia prima y agua en un año por el valor comercial de estos.

b. Bandejas:
 -Ahorro: Disminución del costo de las materias primas y agua en un 80% (porcentaje correspondiente a la disminución de arrastre por esta técnica) : \$186824 anual
 -Inversión:
 Nro de Laminas de PVC: 4 (baños ácidos)
 Valor unitario: \$8000
 Nro de Laminas de Acero Inoxidable: 1(baños alcalinos)
 Valor unitario: \$6000
 Valor total: \$38000

Amortización: $\frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} = \frac{38000}{238519.92} = 0.15 \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 1.9 \text{ meses} \approx 2 \text{ meses}$

3.4.3 EFICIENCIA EN EL USO DE RECURSOS

Índice deficiente: Control de vertimientos y recirculación

Medida analizada: Minimización de consumo

Para la minimización en el consumo de los recursos, es necesario un adecuado desarrollo en el proceso un buen manejo de insumo, por tal razón se desarrolló en la siguiente ficha los criterios considerados para su capacitación.

- Capacitación.

Ficha de manejo 2

DIAGNÓSTICO EN EL SECTOR DE GALVANOSTEGIA, EN EL PROCESO DE ANODIZADO Y ZINCADO A TRAVÉS DE ECOINDICADORES PARA PLANTEAR ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE AGUA, ENERGÍA Y EN LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS	
Indicador	Eficiencia en el desarrollo de programas ambientales
Índice	- Conciencia ambiental - Desarrollo de capacitaciones - Accidentes laborales
Objetivo	Desarrollar programas de capacitación dirigidos al personal de la industria, enfocados a la adopción de buenas prácticas y salud ocupacional, que conduzcan a la eficiencia de los índices propuestos.
Actividad impactante	Deficiencia en el desarrollo del proceso por falta de conocimiento.

Impacto a controlar	- Mal manejo en el proceso productivo. - Inadecuada manipulación de insumos. - Accidentes laborales	
Tipo de medida	- Control.	- Prevención.

Seguimiento y Monitoreo.	Mensual.
--------------------------	----------

Responsables	- EPS: Salud ocupacional - Proveedores: Seguridad industrial y manejo adecuado de insumos - DAMA : Proceso productivo
--------------	---

El desarrollo de esta capacitación, está enfocado a los operarios de la planta, ya que estos son los directos responsables en el adecuado manejo del proceso industrial. Las capacitaciones serán dirigidas por el personal de la E.P.S., proveedores y DAMA, de acuerdo al tema a tratar. Las charlas se realizarán una vez termine la jornada de trabajo y no tendrán ningún costo.

Otra medida a analizar para minimizar el consumo de los recursos son las técnicas de lavado que permitirán reducir el consumo de agua y recargar el electrolito nuevamente al baño.

El lavado estático, sirve para recuperar la cantidad de agua que sale diariamente de la tina y un porcentaje de materia prima arrastrado por la pieza. El lavado en cascada, consta de unas tinajas conectadas en serie donde el caudal fluye en contracorriente respecto a las piezas, de modo que constantemente entra agua en estas. La combinación de lavado estático y en cascada, posee las propiedades de los dos lavados anteriormente descritos.

Tabla 83. Análisis de las técnicas de lavado para la minimización de consumo

Minimización de Consumo	Etapas de lavado	Alternativa económica	Alternativa ambiental		Alternativa Técnica
		Costos e inversión	Caudal de agua	Potencial de devolución	Calidad de lavado
Lavado estático	1	*	*	***	-
	2	*	*	***	**
	3	*	*	***	**
Lavado en cascada	2	*	**	*	**
	3	**	**	** / *	**
	4	***	**	**	**
Lavado en cascada y estático	3	**	**	***	**
	4	***	**	***	**

Convenciones: Alta: ***, Media: **, Baja: *, Excluyente: -
Fuente: Manual de recubrimientos electrolíticos industriales

De acuerdo a la tabla de cambio estructural para la minimización de consumo, se observó que la técnica de lavado más adecuada para ser aplicada en las industrias estudio, es la de lavado estático, de dos y tres etapas, teniendo en cuenta que los criterios: calidad de lavado, mejora las condiciones finales del producto y el potencial de devolución de la solución, minimiza los consumos de agua y vertimientos; además de los bajos costos de inversión.

En la siguiente tabla se observan el número de etapas de lavado adecuado para cada operación unitaria aplicada a cada industria estudio.

Tabla 84. Etapas de lavado estático para cada operación unitaria

Número de etapas de lavado estático	Colombiana de Aluminios	Zn's Inversiones Suárez y Ríos
2	Desengrase	Desengrase
	Decapado	
	Brillo Químico	Decapado
	Color	
3	Anodizado	Zincado

Fuente: Las autoras

Considerando el análisis anterior, se observa a continuación, el calculo realizado para determinar el tiempo en el cual las industrias recuperaran la inversión de reestructuración de la planta, adoptando por un lavado estático de dos y tres etapas, con el objeto de mejorar la calidad de lavado y minimizar el consumo de materias primas y agua.

1. Colombiana de Aluminios Ltda:

Tabla 85. Análisis de la inversión en la adopción de las tinas de lavado

Lavado estático	Alternativa económica (Ver ejemplo de cálculo)		Alternativa ambiental	Alternativa Técnica
	Ahorro anual	Periodo de Amortización		
10	\$505951.21	8 años	Reducción anual del vertimiento por aguas de enjuague estático en 227.4648m ³ .	Reducción en el consumo de agua y materia prima. Prolongación de la vida útil de los baños.

Fuente: Las autoras.

2. ZN's Inversiones Suárez y Ríos

Tabla 86. Análisis de la inversión en la adopción de las tinas de lavado

Número de etapas de lavado estático	Alternativa económica		Alternativa ambiental	Alternativa Técnica
	Ahorro anual ⁹⁶	Periodo de Amortización ⁹⁷		
10	\$418746.54	1.36 años	Reducción anual del vertimiento por aguas de enjuague estático en 195.9m ³ .	Reducción en el consumo de agua y materia prima. Prolongación de la vida útil de los baños.

Fuente: Las autoras.

⁹⁶ Disminución del costo de las materias primas y agua en un 80% (porcentaje correspondiente a la disminución de arrastre).

⁹⁷ Valor en el que la industria recuperara la inversión con el ahorro realizado en la industria con esta medida.

Se considera en las industrias estudio optar por diez tinas para el desarrollo de los enjuagues por inmersión, estas minimizaran el consumo de agua y materia prima, ya que permitirán recargar las tinas de los baños anteriores cuando se reducen por arrastre y evaporación.

A continuación se observa el ejemplo de cálculo realizado para determinar el periodo de amortización para la industria Colombiana de Aluminios Ltda.

Ejemplo de calculo para determinar el periodo de amortización:

Colombiana de Aluminios Ltda.

- Inversión
 Valor tina Fabricada en lámina de hierro cal.10, de medidas interiores de 6.30*0.35*0.40 m de altura para colombiana de aluminios: \$391.000
 Número de tinas para enjuague estático: 10
 Valor total: \$3910000

- Ahorro
a. Consumo de agua Ahorrado:
 Ahorro: \$758.216 Kg/día, 227464.8L/año
 Valor m³ agua: \$2087.76
 Valor total: \$474891.9108

b. Consumo de Materia Prima Ahorrado:

MATERIA PRIMA	
Desengrasante: 3.54Kg/año Valor Kg: \$3200 Valor Total: \$11328	Soda Cáustica: 0.9Kg/año Valor Kg: \$1600 Valor Total: \$1440
Ácido Sulfúrico: 4.35Kg/año Valor Kg: \$380 Valor Total: \$1653	Color: 2.919Kg/año Valor Kg: \$3500 Valor Total: \$10216.5
Ácido Oxálico: 2.919Kg/año Valor Kg: \$2200 Valor Total: \$6421.8	Total Ahorro Materia Prima: 31059.3

Cálculo del periodo de amortización
 Amortización: $\frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} = \frac{3910000}{505951.21} = 7.728 \text{ años} \approx 8 \text{ años}$

3.4.4 DESARROLLO DE LA VALORACIÓN DE RESIDUOS

Índice deficiente: Residuos líquidos

Medidas analizadas: Minimización de cargas contaminantes

Con el fin de dar cumplimiento al indicador, se evaluó en la tabla 125 dos posibilidades enfocadas a la minimización de los residuos líquidos. La primera propone la reutilización de los residuos por medio de un tratamiento de agua residual que serán involucrados en el proceso, con el objeto de un vertimiento cero y una minimización del consumo de agua. La segunda, analiza la posibilidad de sustitución de las materias primas contaminantes por ecológicas con el fin de dar cumplimiento a la norma sin desarrollar el sistema de tratamiento.

En la tabla 87, se analizaron los diferentes criterios que permitieron optar por la materia prima más eficiente.

Tabla 87. Sustitución de zincados cianurados

Crterios	Zincado Cianurado (Alto/Medio)	Zincado cianurado Bajo contenido	Zincado alcalino exento	Zincado ácido (amonio)	Zincado ácido (Potasio)
Nivelación (brillo)	**	*	**	***	***
Reparto (Penetración)	***	*	**	**	**
Velocidad deposición	**	* (**)	* (**)	***	***
Fragilidad	**	**	**	*	*
Emulsificación grasas (pretratamiento escaso)	***	*	**	*	*
Mantenimiento baño (Filtración, Fe)	*	***	*** (Fe)	**	**

Convenciones: Alta: ***, Media: **, Baja: *

Fuente: Manual de recubrimientos electrolíticos industriales

En las industrias estudio, optar por cambios en la materia prima involucraría pérdida de clientes, debido a la disminución en la calidad del producto, ya que uno de los criterios para este, es el nivel de penetración en la pieza. Como se observa en la tabla anterior, el reparto o penetración es mayor en el zinc cianuro, lo que motiva a las industrias a involucrarlo dentro de su proceso. Además, optar por materia prima menos contaminante no ratifica el cumplimiento de la Norma, como es el caso de cromo hexavalente por cromo trivalente, ya que seguirán existiendo metales pesados en sus vertimientos.

En la siguiente tabla, se analizan las opciones que tienen como fin minimizar los residuos.

Tabla 88. Análisis para la minimización de residuos

Minimización de Residuos	Alternativa económica (Ver ejemplo de cálculo)		Alternativa ambiental	Alternativa Técnica
	Ahorro anual	Periodo de Amortización		
Tratamiento como medida de recirculación	\$ 524.512	5.5 años	Cero vertimientos y cumplimiento de la normatividad Disminución del consumo de agua.	Evitar sanciones por parte de la entidad reguladora. Disminución en el consumo de agua por recirculación de agua tratada
Sustitución de materia prima en el proceso	-	Incremento de la inversión en \$2.635.200 anuales	No hay certidumbre en el cumplimiento de la normatividad.	Disminución en la calidad del producto, por adquisición de materias primas ecológicas.

Fuente: Las autoras.

Ya que las industrias estuvieron reacias a sustituir sus materias primas, se optó por un sistema que permitiera reducir los metales pesados y además disminuyera el consumo de agua al permitir su recirculación. El tratamiento se desarrollará con materias existentes en la industria, como es el caso del decapado agotado (vertimiento), el cual reduce el cromo hexavalente a trivalente. Para esta implementación se consideró en la siguiente ficha los criterios necesarios antes de realizar el tratamiento para su recirculación.

- Cambio estructural previo al tratamiento.

Ficha de manejo 3.

DIAGNÓSTICO EN EL SECTOR DE GALVANOSTEGIA, EN EL PROCESO DE ANODIZADO Y ZINCADO A TRAVÉS DE ECOINDICADORES PARA PLANTEAR ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE AGUA, ENERGÍA Y EN LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS

Indicador	Desarrollo de la valorización de residuos
Índice	- Control de vertimientos - Recirculación

Objetivo	Describir los cambios de infraestructura que debe desarrollar la planta, facilitando la captación de los arrastres, fugas y vertimientos a tratar.
-----------------	--

Actividad impactante	Inadecuado manejo de residuos líquidos.
-----------------------------	---

Impacto a controlar	- Aumento en el volumen de aguas a tratar. - Aumento en el consumo de agua.
----------------------------	--

Tipo de medida	- Control. - Prevención.
-----------------------	--------------------------

Responsables	Gerente.
---------------------	----------

Como se observa en la ficha anterior se aconseja el ordenamiento de la planta, por tal razón para colombiana de aluminios Ltda., el orden de las tinas será el siguiente: desengrase, enjuague A, enjuague B, decapado, enjuague C, enjuague D, brillo químico, Enjuague E, enjuague F, neutralizado, anodizado, enjuague G, enjuague H, enjuague I, color, enjuague J, enjuague K y sellado.

Tomando como ejemplo de cálculo, la industria ZN's Inversiones Suárez y Ríos, se determina la alternativa más viable a realizar en las industrias.

Ejemplo de calculo:

• **Tratamiento:**

$$\text{Ahorro anual} = 36.07 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \cdot \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} \cdot \frac{\$2087.76}{\text{m}^3} = \$903823$$

-Inversión: \$2.000.000Ingeniería de detalle + 100.000Digitalización y ploteo de planos + \$2.000.000Materiales de construcción▲ + \$900.000Mano de obra = \$5.000.000

▲Materiales de construcción: Incluye el costo asociado a los equipos, materiales y accesorios, para la construcción de la unidad de tratamiento.

Los costos asociados a los análisis físico-químicos para la caracterización del agua cruda y tratada, se determinan a un año= \$ 1.000.000

$$\text{Amortización: } \frac{\text{Inversión } \$5.000.000}{\text{Ahorro } 903823} = 5.5 \text{ años}$$

• **Sustitución de materia prima en el proceso:**

-Inversión anual: (\$2.203.200 Zinc alcalino + \$6.420.000Cromo trivalente) – (\$1.879.200 Zinc cianuro + \$4.108.800Cromo hexavalente) = \$2.635.200 anuales, donde la industria incrementara el valor de la inversión.

3.4.5 Situación propuesta

Después de un análisis técnico, económico y ambiental de las tecnologías que se podrán implementar y de la descripción de las fichas técnicas en cada una de las industrias estudio, se describe el desarrollo de la propuesta, a partir de la situación actual que existen en las industrias y buscando la eficiencia del 100% en los índices creados por las autoras.

El desarrollo de esta propuesta se divide en dos fases: la primera propone la adopción de medidas de minimización (enunciadas anteriormente) y la segunda un sistema de tratamiento con recirculación de aguas para un vertimiento cero.

Los porcentajes mencionados en la metodología se tomaron a partir de los datos obtenidos en industrias que ya habían implementado las buenas prácticas y efectuando cambios en su estructura.

La metodología a proponer en cada industria fue:

3.4.5.1 Determinación de evaporación y arrastres. (Anexo O)

a. Determinación de evaporación: El desarrollo de la evaporación en cada industria se hizo de la misma manera que el cálculo de la evaporación en la situación actual, además se tuvo en cuenta las nuevas operaciones involucradas en el proceso y las tinas en las cuales se variará el volumen.

b. Determinación de los arrastres: se desarrolló igual que la situación actual, además se tuvo en cuenta la disminución porcentual de arrastre, debido a la adopción de medidas de minimización así: se destinó un 90% de eficiencia en las operaciones donde se instalarán bandejas inclinadas como sistema de recolección de goteo y un 20% de eficiencia a las operaciones, donde no se utilizará sistema de recolección, pero se adoptarán buenas prácticas (ver ficha 2).

3.4.5.2 Determinación de las salidas de materia prima y agua.

a. Determinación de la recarga de agua con tinas posteriores: como se mencionó anteriormente la recarga de las tinas de operación unitaria se efectuará a partir del enjuague estático con mayor saturación, que corresponde al primer enjuague estático posterior a cada operación unitaria. Para la industria Colombiana de Aluminios, el cálculo se efectuó a partir de la sumatoria de la evaporación y arrastre de la tina donde se efectuará la operación y su primer enjuague estático. Para la Industria Zn's Inversiones Suarez y Rios, se hizo a partir de la sumatoria de las salidas que equivalen a la evaporación y arrastre de cada tina.

b. Determinación de la descarga de agua (si existe): Se determina en los enjuagues, a partir del volumen sobrante de la recarga.

c. Determinación de salidas: Se calcula a partir de la suma de las descargas, arrastres, evaporación, adsorción y recirculación.

3.4.5.3 Determinación de las entradas de agua. (anexo P)

a. Determinación de agua proveniente del tratamiento: Se determina a partir del vertimiento total en las salidas, por un porcentaje de disminución del 10%, que representa el contenido de lodos. Este volumen se destinará a la recarga de cada tanque de acuerdo a la sumatoria de salidas menos la entrada por recarga de la tina posterior en el caso de Zn's Inversiones Suárez y Ríos. Para Colombiana de Aluminios, el volumen se destinará a la recarga del último enjuague estático, de acuerdo a la sumatoria de salidas.

b. Determinación del agua proveniente de la red: Representa el consumo de agua potable en las operaciones de gratado y enjuagues por aspersión para la industria de anodizado. Para la industria de Zincado, representa el consumo en las tinas donde el agua proveniente del tratamiento está por debajo del requerido para el suministro de agua.

c. Determinación de las entradas de agua: Se calcula por medio de la suma del consumo de agua proveniente de la red, tratamiento y recarga de la tina posterior.

3.4.5.4 Determinación de las entradas de materia prima.

a. Determinación del volumen de materia prima devuelto al baño: El volumen de agua que se devuelve a la tina, contiene un porcentaje de recarga de materias primas, como se muestra en la tabla 89, calculado a partir del arrastre por el porcentaje de aporte de materias primas de acuerdo al número de etapas de lavado; así, para una, dos y tres etapas de lavado el porcentaje de aporte de materia prima a la tina son de 0.001, 0.043 y 0.0173%⁹⁸ respectivamente.

Tabla 89. Recuperación de materia prima de acuerdo al número de tinas.

Número de tinas	Recuperación de materia prima
1	0.001 arrastre
2	0.043 arrastre
3	0.173 arrastre

Fuente: Recubrimientos galvánicos

⁹⁸ Según tabla 89. Recuperación de materia prima de acuerdo al número de tinas.

b. Determinación de la adquisición de materias primas: Calculada a partir de la sumatoria de salidas de materia prima menos el volumen de materia prima devuelto al baño.

c. Determinación de entradas de materia prima: Se calcula por medio de la sumatoria de la adquisición de materias primas y el volumen de materia prima devuelto al baño.

3.4.5.5 Propuesta de unidad de tratamiento para los vertimientos generados en cada industria con el fin de minimizar agua y residuos líquidos (anexo Q).

La adopción de tratamiento se efectuará como buena práctica ya que las aguas provenientes de este serán recirculadas. Para el caso de Colombiana de Aluminios Ltda., al recargar el último enjuague estático previo a cada operación y para Zn's Inversiones Suarez y Rios Ltda., al recargar los enjuagues estáticos, tambores y la tina de pasivado.

La alternativa de tratamiento se planteó a partir del desarrollo de esta práctica en industrias que desarrollaban el proceso de anodizado y zincado: INCOLBESTOS S.A. y ASAM Ltda., respectivamente, donde se disminuyeron los consumos de agua en un 80%, ya que el agua una vez tratada se reutilizaba para cargar los enjuagues estáticos.

Los procesos de anodizado y zincado generan vertimientos cuyos componentes son difíciles de disminuir con la adopción de buenas prácticas, debido a la concentración de los metales pesados, por esta razón se involucra un sistema que disminuya los residuos y el consumo de agua.

3.4.5.6 Diagrama de la situación propuesta (Figuras 20,21,22,23).

A continuación se observa la situación propuesta, aplicando la metodología anterior para el balance de agua y materia prima en las industrias Colombiana de Aluminios Ltda. Y Zn's Inversiones Suarez y Ríos.

3.4.5.7 Costos.

El cálculo de los costos a partir de la situación propuesta se observan en el anexo R.

4 CONCLUSIONES

- El criterio de selección que se llevó para desarrollar el proyecto en el sector de anodizado y zincado, fue la representatividad de estas industrias frente a las demás existentes en el sector, debido a que la industria de anodizado maneja altos volúmenes de producción y la industria de zincado es la más rentable siendo las de más auge en la actualidad.
- Con el fin de identificar las medidas necesarias para minimizar y recuperar los residuos, materia prima y agua generados en cada una de las industrias estudio, se tomó como base el modelo de eco-indicadores elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente, para desarrollar unos índices que califiquen la eco-eficiencia en las industrias sobre las buenas prácticas ambientales de manufactura, las cuales permitieron identificar a los empresarios los beneficios en el incremento de la eficacia operacional, la reducción en los costos de la producción y mejoramiento en la calidad del producto, debido a un control en los consumos del recurso agua y materias primas utilizados en los procesos.
- De acuerdo a la calificación obtenida en el indicador de ecoeficiencia, las industrias estudio presentan deficiencias en la valoración de residuos y en el uso de recursos, debido a fallas en el desarrollo del proceso.
- Con las buenas prácticas a adoptar, se pretende en la industria de anodizado optar por operaciones de desengrase y neutralizado en el proceso, que eviten la contaminación de los baños siguientes y la mala calidad del producto, además que desarrolle un proceso óptimo por parte de los operarios con un manejo adecuado del agua en los enjuagues por aspersion y separación de redes de aguas lluvias, domésticas e industriales dando cumplimiento en el vertimiento de los efluentes con contenidos de aluminio y sólidos suspendidos.
- En la industria de zincado se pretende dar cumplimiento a los efluentes de zinc, cianuro, níquel, cobre, cromo, cadmio y sólidos suspendidos; minimizar los arrastres al optimizar el proceso por parte de los operarios y minimizar el consumo de los recursos de agua y materia prima.
- Con la adopción de buenas prácticas, se considera una reducción del 20%, en minimización de arrastres, sin modificar el diseño de la planta que involucren cambios estructurales. Los efectos de minimización, se deben al incremento de los tiempos de escurrido, la optimización en el régimen de giro lo que posibilita grandes ahorros

económicos. Por otra parte, con los cambios estructurales se pretende reducir el arrastre en un 90%.

- Actualmente, la industria Colombiana de Aluminios, consume en el mes 36.89 m^3 de agua potable correspondiente al enjuague por aspersion, gratado y recarga de tinas que han disminuido su volumen por efectos de evaporación y adsorción. el enjuague por aspersion tiene un consumo de 25.31 m^3 , de los cuales 20.97 m^3 son recirculados y suponen la disminución en el consumo de agua 36.24%. Con la propuesta desarrollada en el plan de acción, el consumo de la industria será de $34.42 \text{ m}^3/\text{mes}$, de los cuales $16.67 \text{ m}^3/\text{mes}$ corresponden al consumo de agua potable y $17.75 \text{ m}^3/\text{mes}$ son aguas recirculadas provenientes del tratamiento. Las descargas por arrastre y vertimientos que se llevaran a tratamiento serán de $19.73 \text{ m}^3/\text{mes}$ de las cuales el 10% corresponderán a los lodos obtenidos en este, el volumen restante será involucrado nuevamente al proceso, lo que supone un vertimiento cero; con esta práctica la industria disminuirá el consumo de agua en un 51.56%.
- Actualmente, la industria Zn's Inversiones Suárez y Ríos, consume en el mes 43.73 m^3 de agua potable, para recargar las tinas que han disminuido su volumen por efectos de evaporación y adsorción en 6.39 m^3 mes y por arrastres y vertimientos un 37.33 m^3 , siendo esta última la descarga mensual. Con la propuesta desarrollada en el plan de acción, el consumo de la industria será de $20.93 \text{ m}^3/\text{mes}$, de los cuales $7.717 \text{ m}^3/\text{mes}$ corresponden al consumo de agua potable y $13.21 \text{ m}^3/\text{mes}$ son aguas recirculadas provenientes del tratamiento. Las descargas por arrastre y vertimientos que se llevarán a tratamiento serán de $14.78 \text{ m}^3/\text{mes}$ de las cuales el 10% corresponderán a los lodos obtenidos en este, el volumen restante será involucrado nuevamente al proceso, lo que supone un vertimiento cero; con esta práctica la industria disminuirá el consumo de agua en un 82.35%.
- Con la adopción de enjuagues estáticos en la industria de zincado, para la recarga del baño anterior y la minimización de arrastres por buenas prácticas y bandejas inclinadas, el costo en la adquisición de materia prima se reducirá en un 16.9%.
- Con la adopción de la propuesta para la industria Colombiana de Aluminios, los consumos de materia prima, sin incluir la adopción de nuevas operaciones se reducirán en un 4.15%, pero considerando alargar la vida de los baños posteriores y mejorar la calidad del producto, se adopta la operación de desengrase aumentando el consumo de materia prima anual en 281.05 Kg.
- Observando que las industrias al no desear sustituir materias primas en sus procesos por la disminución en la calidad de la pieza, se buscó un sistema que permitiera cumplir

con la adopción de buenas prácticas al reutilizar los residuos y recircular el agua tratada nuevamente al proceso.

- Los resultados de los casos estudiados confirman que en la mayoría de las industrias con estos procesos, existen elevados potenciales de minimización de residuos y recursos (agua), y que la metodología al respecto presentada es de una gran utilidad práctica para el sector.

5 RECOMENDACIONES

- Adoptar por las industrias del sector los índices propuestos por las autoras, para evaluar el estado actual de la industria y verificar su eficiencia ambiental.
- Realizar en cada industria una evaluación y priorización por los auditores de las medidas de minimización antes de tomar cualquier decisión de tipo medioambiental. En este sentido, cabe destacar que cuanto más cercana al proceso sea la medida de minimización, más económica y ambientalmente ventajosa resulta. Esto significa que por lo general, las medidas ambientalmente más correctas también son económicamente las más rentables y suponen una complejidad técnica baja. Consecuentemente, las medidas relacionadas directamente con el proceso productivo, como reducción de arrastres, son desde el aspecto ambiental las primeras a abordar.
- Se sugiere involucrar a las empresas faltantes al convenio DAMA-ACERCAR - Industriales del Sector, con el fin de promover y dar a conocer talleres con programas de ahorro y uso eficiente del agua, sustitución de materia prima, salud ocupacional y tratamiento de los vertimientos.
- Además de la evaluación del indicador de eco-eficiencia que llevó a la creación de los índices propuestos por las autoras, se recomienda a otros estudiantes desarrollar en el sector MIPYME, índices que relacionen indicadores de gestión ambiental, ya que estos están enfocados a la implementación de la ISO 14000.
- Seguir la metodología propuesta por las autoras para la elaboración de un concepto propio de producción más limpia y su implementación de una industria eco-eficiente.
- En las industrias se analizó como buena práctica la recirculación de agua, por medio de un sistema de tratamiento, es por esta razón, que se recomienda a las industrias que no deseen sustituir sus procesos optar por esta técnica.

6 BIBLIOGRAFÍA

BLUM, William y HOGABOOM, George B: Galvanotecnia y galvanoplastia. México : Compañía editorial continental S.A. 1997.

BRUGGER, Ernest A; LIZANO, Eduardo. Eco eficiencia, La visión empresarial para el desarrollo sostenible en América Latina : Editorial Oveja negra, 1992. 371 p.

CARRASQUILLA, Maria Lucia. Contaminación industrial, Sector galvanoplastia. Bogotá. 1993.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE - CEPIS-, Manual de minimización de residuos en la industria de acabado de metales . 1997. 71p.

----- Prevención de la contaminación en la pequeña y mediana industria, La minimización de residuos en la industria del acabado de metales . 1993. 156 p.

CEPIS; OPS y GTZ. Seminario. Taller prevención de la contaminación en la pequeña y mediana industria. La minimización de residuos en la industria de metales. 1993.

CINCET; DAMA. Valoración del impacto ambiental de la pequeña y mediana industria en el distrito capital. Bogotá. 1996

DAMA. Minimización de residuos, Planes de acción para mejoramiento ambiental : Grafivisión Editores Ltda. 1999. 105 p.

DAMA; ACERCAR. Planes de acción para mejoramiento ambiental, Manual para empresarios de la PYME galvanotecnia : Tercer Mundo Editores. 1997. 84 p.

DE LA O ROXO, Carlos Alberto. Gestión ambiental en la industria bajo el enfoque del desarrollo sostenible. Eco eficiencia : WBCSD. Colombia. 1992.

FREEMAN, Harry. Manual de prevención de la contaminación industrial. Bogotá : Mac Graw Hill. 1997. 120 p.

FUNDACION NATURA. La pequeña y mediana empresa de la galvanoplastia en el Ecuador. Quito. 1996. 165 p.

HOUGEN, D; WATSON K. Principio en los procesos químicos. España : Editorial Reverte S.A., 1976. 340 p.

CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Clasificación industrial internacional uniforme, Registro mercantil. Revisión 3 adaptada para Colombia. DANE.

CANTER, Larry W. Manual de evaluación de impacto ambiental. 2 ed. Madrid : Editorial Mac Graw Hill, 1998. 841 p.

LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá : Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995 388 p.

MEDINA Y; URIBE E. La pequeña y mediana industria y su relación con las regulaciones y las instituciones ambientales en Colombia : Record Editores, 1995.

ONUUDI; PNUMA. Manual de auditoria y reducción de emisiones y residuos industriales. Monterrey : Talleres de Proceso Gráfico, 1998. 185 p.

OLLARD, E A. Manual de recubrimientos electrolíticos industriales : Compañía Editorial Continental S.A. 1963. 496p.

PNUMA, Una empresa con futuro. Malawi. 1998.

QUERALT TORRELL, Ramón. Depuración de las aguas residuales en la industria de tratamiento de superficies, Origen y técnicas de minimización de la carga de polución. Barcelona : Revista Tecnología del agua. No. 192, Septiembre 1999. 53 p

ROMO, Adrian. Galvanoplastia. Madrid : Manuales Romo, 1910. 384 p.

SENA. DIRECCIÓN GENERAL. Modernización de la Gerencia de las PYMES. La Gestión Tecnológica. Bogotá. 1995.

SUPERINTENDENCIA DE PESQUISAS DE AGUA Y RESIDUOS. Tratamiento de Residuos Líquidos de Pequeñas Industrias de Galvanoplastia. Brasil. 1985.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM -UNEP-. Government Stregies and Polices for Cleaner Production. 1996.

VARGAS, Fredy. Diagnóstico nacional de las industrias de galvanotecnia. SENA. 1995.

VALIENTE, Antonio. Problemas de balance de materia y energía en la industria. Bogotá : Editorial Limusa, 1995.

VAN, Hoof. Aplicación de sistemas de autogestión ambiental en las pequeñas y medianas empresas. Una propuesta basada en experiencias internacionales y nacionales, conferencia seminario internacional sobre autogestión empresarial. Bogotá, Universidad de los Andes, julio 2001.

WWW. Eureka. belspo. be.

WWW. GNET. org.

WWW. INFOSTREAM. AB.ca.

WWW. OCETA. ON. ca.

WWW. UNEP. Org. gp/gs/.

ANEXO A
CONVENIO MARCO DE COCERTACION PARA UNA PRODUCCION MÁS LIMPIA Y COMPETITIVA ENTRE EL
SUBSECTOR DE LA GALVANOTCNIA Y EL DEPARTAMENTO TECNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO
AMBIENTE
-DAMA-

1. ANTECEDENTES

- La política Nacional de producción más limpia, adoptada por el Consejo Nacional Ambiental en Agosto de 1997, tiene por objetivo prevenir y minimizar los impactos y riesgos a los seres humanos y al ambiente, garantizando la protección ambiental y el crecimiento económico mediante la optimización en el uso de los recursos naturales, materias primas y energía, prevenir y minimizar la contaminación, los residuos y los impactos ambientales, adoptar tecnologías limpias y prácticas de mejoramiento continuo, apoyándose en estructuras como promoción de la producción más limpia y promoción de la autogestión y autorregulación ambiental empresarial.
- El DAMA firmó en Octubre del año 2001 la AGENDA DE TRABAJO CONJUNTO ENTRE INSTITUCIONES Y GREMIOS PARA EL APOYO A LA GESTION AMBIENTAL EMPRESARIAL EN BOGOTA, la cual tiene como fin realizar actividades que permitan el mejoramiento de la gestión ambiental empresarial, mediante actividades como la firma de convenios de concertación para una producción más limpia.

2. OBJETO

- Mejorar el desempeño ambiental, la productividad y la competitividad del sector galvánico, a través de la implementación de estrategias de Producción Más Limpia para el mejoramiento continuo del desempeño ambiental de las industrias galvánicas, con el fin de optimizar el uso de los recursos naturales, prevenir, minimizar y controlar los impactos ambientales generados y mejorar la calidad de vida de la población.

3. ACTORES DEL CONVENIO

El DAMA, como entidad pública y autoridad ambiental Distrital.

PROVEEDORES DE INSUMOS Y MATERIAS QUIMICAS DEL SECTOR GALVANICO, como parte fundamental del inicio de la cadena productiva.

UNIDAD SECTORIAL GALVANICA, gremio representante de los industriales.

Y demás industriales del sector galvánico que quieran aunarse a esta iniciativa de concertación a través del presente convenio.

4. ENTIDADES DE APOYO

Como representantes de la Academia y ente generador de tecnología, investigación y desarrollo:

- LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
- LA CORPORACION TECNOLOGICA DE BOGOTA
- EL SENA

Como instrumento de apoyo técnico y de innovación tecnológica, con amplia experiencia de trabajo conjunto con el sector galvánico:

- LA VENTANILLA AMBIENTAL ACERCAR

Como institución que asocia a la micro, pequeña y mediana empresa:

- ACOPI

Como representante de una localidad con el 20% del total de industrias galvánicas de la Ciudad:

- ALCALDIA DE KENEDY

Y demás entidades, gremios, organizaciones e instituciones, entre otros, que quieran participar proactivamente en el desarrollo del presente convenio.

5. PRINCIPIOS DE LOS CONVENIOS DE COCERTACION PARA UNA PRODUCCION MÁS LIMPIA

1. La concertación es el instrumento de diálogo y coordinación entre el DAMA y sector galvánico.
2. para la implementación de este convenio se trabajará en forma gradual durante el periodo definido para el mismo, con base en las condiciones ambientales, tecnológicas y sociales.
3. El presente convenio pretende ser un instrumento facilitador, complementario a los instrumentos regulatorios de Gestión Ambiental.

4. El presente convenio hará énfasis en soluciones con enfoque preventivo de control de la contaminación.
5. La suscripción del presente convenio es de carácter voluntario.
6. Este convenio es un esquema facilitador y no representa una concertación de la ley.
7. Para el cumplimiento de los compromisos y alcances establecidos en este convenio se deberá garantizar la asignación de responsables y recursos.

6. OBLIGACIONES DE LOS ACTORES

1. La firma del presente convenio no exime a los participantes de solicitar todos los permisos adicionales que las demás autoridades competentes exigen para el desarrollo de ésta actividad
2. Una vez firmado el presente acuerdo, el cumplimiento de las acciones concertadas será de obligatorio cumplimiento.
3. El DAMA se reserva el ejercicio de su autoridad con aquellas personas que habiendo firmado el presente convenio, incumplan con las actividades pactadas previamente a la suscripción del mismo.

7. DIAGNOSTICO DEL SECTOR

El sector galvanizado del Distrito Capital es un sector diagnosticado por el DAMA y otras entidades de apoyo (nacional e internacional), presenta una alta informalidad cerca del 40% del total de las industrias, no existía un poder agremiación de este sector (su agremiación es reciente)

En Estados Unidos hay registrados unos 20000 talleres de procesos galvanizados, en Colombia hay unos 1800 de los cuales 450 están ubicados en Bogotá. De ellos 5% se dedican a la anodización del aluminio, el 8% a operaciones de preparación de superficies, una buena parte son pequeños joyeros que metalizan con material precioso, y el resto son plantas galvanizadas que metalizan sobre algunos plásticos y metales bases como es el caso del hierro y aleaciones ferrosas, cobre zinc y sus aleaciones; existen algunos talleres de metalizado galvanizado de aluminio, especialmente para rines y autopartes.

El objeto de los procesos de preparación es la remoción de la suciedad, el desbastado metálico, el pulido y brillo de la superficie. Estos talleres generan polvillo compuesto por material abrasivo, partículas metálicas y dióxidos metálicos. Generalmente, estos talleres son muy ruidosos y sucios, debido al casi nulo esfuerzo en el control del impacto ambiental que ejercen. Cuando ya la pieza preparada y embalada, generalmente en papel periódico, llega al taller de acabado, se inicia el ciclo de gran impacto ambiental, el cual comienza con el desembale y luego la limpieza y desengrase, operación esta de cuya calidad depende el resultado final del metalizado.

Es una industria con procesos altamente contaminantes, efluentes de difícil manejo, alto desconocimiento de la actividad, manejo empírico del arte, alta cultura del desperdicio en insumos y materias primas y falta de buenas prácticas en su que hacer.

Estas características han dado la línea base para formular en el sector una estrategia de Producción Más Limpia a través de un convenio de concertación, que permita mejorar la productividad y competitividad, y a su vez permita dar soluciones ambientales sostenibles retribuidas en el mejoramiento de la calidad de vida de su entorno y de los habitantes de la ciudad.

8. ALCANCES Y COMPROMISOS

Se persigue la implementación conjunta de programas enfocados hacia la prevención de la contaminación con miras a mejorar la gestión ambiental del sector galvanizado, por lo cual es necesario implementar las siguientes acciones.

8.1 USO RACIONAL DE LOS RECURSOS NATURALES.

8.1.1 Metas de ahorro de agua ¹ (Expresadas en unidades de m³ ahorrados por kg o dm² de producto)

- Efectuar un ahorro del 10% en el primer año y de un 5% en los siguientes dos años como se plantea en el siguiente cuadro:

1 año	2 años	3 años
10%	5%	

Los anteriores resultados serán calculados teniendo como base el consumo inicial.

- Como punto de referencia se tomará el consumo de agua promedio mensual reportado en los recibos del acueducto en el año inmediatamente anterior, relacionado con la producción promedio mensual del mismo año.
- La producción deberá ser reportada en dm²/mes ó en kg/mes de metal depositado.

¹ En el caso que el industrial haya alcanzado con anterioridad el nivel de ahorro propuesto deberá evidenciar este logro mediante estudios y documentos contundentes que reflejen dicho resultado(MOSTRAR UN INDICADOR EVALUADO EN EL TIEMPO).

- En caso de existir otras fuentes de agua diferentes a las suministradas por la empresa de acueducto (EAAB), se deben reportar los volúmenes de agua consumidos durante el año base.

8.1.2 Metas de ahorro de energía² (expresadas en unidades de Kw/ h ahorrados por / kg producto)

- Efectuar un ahorro de energía del 10% durante el primer año de celebrado el Convenio. Una meta posterior se fijará luego de haber evaluado la reducción de este recurso 12 meses después de iniciado el Convenio.
- Como punto de referencia se tomará el consumo de energía promedio mensual reportado en los recibos de la energía en el año inmediatamente anterior, relacionándolo con la producción promedio mensual del mismo.
- La producción deberá ser reportada en dm³/mes ó en kg/mes de metal depositado.
- En caso de existir otra fuente de energía se reportará este consumo.

8.2 INSUMOS Y MATERIAS PRIMAS

8.2.1 Eliminación de Cianuro y Cromo hexavalente

Para el primer año:

- Los cianuros de desengrasas alcalinos por inmersión, electrolíticos, ultrasonido y emulsiones.
- Los electrolitos cianurados de cadmio.
- La práctica de mantener cianuro en los enjuagues previos al proceso.
- Los selladores a base de cromo hexavalente para fosfatizado.
- Los selladores con cromo hexavalente para procesos de zinc, latón y cobre.
- Reducir el cromo hexavalente de los enjuagues de electrolitos de cromo y mordentados de plástico.
- Eliminar los electrolitos de anodizado con cromo.

Para el segundo año:

- Eliminar los electrolitos de alto y medio cianuro en los procesos de zincado y trabajar con los electrolitos de bajo cianuro.
- Bajar el contenido en un 20% el cianuro total y cianuro libre en los electrolitos de oro, plata, cobre, latón, ennegrecido por inmersión o electrolítico o cualquier otro tratamiento superficial.
- Mantener como mínimo dos (2) recuperadores en el proceso con soluciones cianuradas y con cromo hexavalente.
- Para el caso de impacto en el recurso aire aplicar extractores recuperadores en los electrolitos de cromo.
- Sustitución de los metalizados vía química por metalizados vía autocatalítica sobre superficies plásticas.

Del segundo al quinto año

- Sustituir electrodos cianurados u otros electrolitos contaminantes a procesos alcalinos libres de cianuro o medios ácidos o de otro tipo ambiental a medida que la tecnología demuestre su efectividad técnica y económica.
- La implementación de electrolitos de zinc libres de cianuro o ecológicos dependerá de la eficiencia de los proveedores en ayudar al cambio de actitud.
- Eliminación del ácido fenolsulfónico en el proceso de coloreado del aluminio.
- Implantación de sistemas de refrigeración en los procesos de anodizado.

8.3 VERTIMIENTOS

Cada una de las empresas participantes en el presente convenio, realizarán las siguientes acciones:

- a) Separar las redes de aguas residuales, lluvias y domésticas y construir una caja de inspección y aforo. Realizar prácticas de producción Más Limpia como minimización de residuos, uso adecuado de recursos, entre otros. Plazo máximo de implementación 1 año después de haber firmado el convenio.
- b) Realizar una caracterización durante el primer mes una vez firmado el convenio y diligenciar el Registro Único de Vertimientos para ser presentado ante el DAMA.
- c) Realizar una caracterización anual completa de los efluentes que incluya los parámetros de pH, temperatura, fenoles y metales pesados.

8.4 CAPACITACION

Como parte de las actividades de apoyo y acompañamiento por parte del DAMA, el departamento a través de la ventanilla ACERCAR liderará una jornada tecnológica, durante los tres primeros meses del convenio, con énfasis en el uso adecuado de los recursos agua y energía, sustitución de insumos, manejo de residuos (lodos galvánicos) Y buenas prácticas de manufactura que permitan el cumplimiento de las metas establecidas en el convenio. Así mismo, el grupo

² En el caso que el industrial haya alcanzado con anterioridad el nivel de ahorro propuesto deberá evidenciar este logro mediante estudios y documentos contundentes que reflejen dicho resultado(MOSTRAR UN INDICADOR EVALUADO EN EL TIEMPO).

galvánico con una amplia experiencia en el sector acompañará esta y otras jornadas tecnológicas, con el fin de generar un trabajo conjunto entre los actores del presente convenio del cual se verán beneficiados tanto el mismo sector como la ciudadanía en general.

Se desarrollará una agenda de capacitación para los industriales de la localidad de Kennedy en buenas prácticas operativas, Seguridad Industrial, Productividad y competitividad y sistemas de gestión ambiental en MIPYMES.

Igualmente se publicará una serie de fichas con soluciones tecnológicas que facilitarán la adopción de prácticas y tecnologías tendientes al cumplimiento del convenio.

En la página Web del DAMA se generarán los avances correspondientes a la gestión de las actividades del convenio.

A su vez, los proveedores deben suministrar la información y realizar la sensibilización de los empresarios hacia la sustitución de insumos y materiales menos contaminantes.

Las estrategias a implementar serán las siguientes:

1. Elaboración de fichas técnicas y hojas de seguridad que contengan temas como: costo, dosificación, impactos ambientales, estandarización del proceso, alternativas de manejo ambiental, entre otras. El proveedor deberá desarrollar una ficha por cada producto que comercialice durante los primeros dos meses de vigencia del convenio.
2. Como mínimo deberán ser realizados 4 talleres de manejo de sustancias y estandarización de procesos con una frecuencia semestral. Los talleres serán dirigidos al 100% de los clientes de cada proveedor y los miembros del comité del presente convenio.
3. En el caso de los insumos y materias primas se deben incluir análisis de biodegradabilidad del producto, grado de secuestrantes y quelantes.

8.5 INVESTIGACION Y DESARROLLO

Dentro del presente convenio se establecerán líneas de investigación tendientes a generar soluciones de producción más limpia a los diferentes impactos debidos a la actividad del sector galvánico y a promover e impulsar la creación de gestores que mediante la adopción de alternativas de producción más limpias muestren un manejo adecuado a los vertidos ya sea en aire, agua y en manejo de lodos. Esto se realizará con el apoyo de ACERCAR y se presentará al DAMA para buscar la posibilidad de acceder a recursos de financiación.

Como prioridad se investigará y generará alternativas de manejo sostenible que permitan mitigar el impacto ambiental generado por los lodos (provenientes del proceso y de las plantas de tratamiento), mediante la segregación y la recuperación de los metales pesados provenientes de las corrientes de proceso los metales pesados haciendo de estos vertimientos un subproducto del proceso. Dicha investigación se tendrá al finalizar el primer año de firmado el presente convenio.

8.6 INCENTIVOS Y RECURSOS FINANCIEROS

El convenio presentará a través de ACERCAR aquellos proyectos que busquen la implementación de tecnologías más limpias desde el punto de vista técnico – ambiental con el fin de acceder a las diferentes líneas de crédito que se tengan.

Buscar que por lo menos una de las industrias se postule al Programa de Excelencia Ambiental Distrital, PREAD.

Buscar que las industrias del sector galvánico reduzcan el impacto ambiental que generan con el fin de ser catalogadas por parte del DAMA y Secretaría de Salud como industrias de bajo impacto para todos los efectos tributarios (Resolución DAMA – Secretaría de Salud 946 del 2000)

8.7 GENERACION DE INDICADORES

El convenio permitirá la generación de los siguientes indicadores de desempeño ambiental:

- Ahorro de agua: m³ / kg producto
- Ahorro de energía: kWh / kg producto

Otros indicadores, según su pertenencia, podrán ser generados durante la celebración del convenio.

9. CRITERIOS OPERACIONALES

Con el fin de estructurar y entregar elementos que ordenen y faciliten la elaboración y suscripción de los Convenios de Concertación, se han establecido los siguientes compromisos y criterios:

- En los convenios estarán involucrados el DAMA, una entidad veedora, las empresas actoras directas en el convenio y cuando menos una asociación ó agrupación industrial del sector al que pertenecen la(s) empresa(s). en caso de existir.
- Los convenios tendrán una fecha de inicio y culminación, un cronograma de actividades, estableciendo un mecanismo de seguimiento y evaluación periódica de cumplimiento, a través de indicadores y listas de chequeo definidas conjuntamente.

- Las metas y actividades establecidas en los convenios serán concertadas por las partes, en el ámbito de su competencia, encaminadas siempre al mejoramiento de la gestión ambiental y de la competitividad empresarial.
- Las metas establecidas en el convenio se llevarán a cabo por compromisos o programas anuales acordados entre el DAMA y el sector productivo.
- Así mismo la evaluación del convenio será anual, evaluando por parte del comité operativo la exclusión o continuación de las empresas en el convenio.
- LA LEY NO SE NEGOCIARA. En caso de que las empresas actoras en el convenio estén por fuera de la normatividad ambiental, se establecerán acciones y plazos concretos para modificar la situación de incumplimiento de las empresas.
- La empresa se compromete a cumplir con los compromisos establecidos en los convenios específicos, lo que en ningún momento lo excluye del cumplimiento de la normatividad ambiental y requerimientos exigidos por la autoridad ambiental.
- La agremiación o asociación involucrada se comprometerá a velar por que sus asociados cumplan con los compromisos establecidos en el convenio.
- Se tendrá en cuenta el diagnóstico ambiental y tecnológico y la calidad ambiental inicial para el establecimiento de los compromisos y metas en el convenio. En caso de no existir hará parte de los compromisos que se elaborarán
- El DAMA se apoyará en ACERCAR para la aproximación y asesoramiento a las MIPYMES, y mantendrá disponible el fondo FRATI para la confinación de proyectos de Reversión Industrial Ambiental o de otro tipo requerido, y la línea de crédito DAMA-IFI para el otorgamiento de créditos blandos a las empresas ó al sector empresarial.

10. COMITÉ OPERATIVO

El Comité Operativo del convenio estará integrado por lo menos por dos representantes de las siguientes entidades:

- DAMA
- ASOCIACION DE GALVANOS
- PROVEEDORES DE INSUMOS Y MATERIAS PRIMAS DEL SECTOR

Este comité contará con un reglamento operativo, que incluirá entre otras funciones las siguientes:

- Mantener el convenio actualizado y operando, sugiriendo modificaciones de ser necesario.
- Realizar reuniones y actas de las mismas con el fin de dar validez a los compromisos establecidos, al seguimiento, sugerencias o modificaciones establecidas en el convenio.
- Asignar responsabilidades para el cumplimiento del convenio.
- Estimular la consecución e intercambio de información útil para el desarrollo de los compromisos del convenio.
- Solucionar inconvenientes o diferencias que se presenten durante el desarrollo del convenio.
- Crear y aplicar un sistema de indicadores de gestión para evaluar el desarrollo del convenio.
- Establecer las situaciones por las cuales una entidad entra o sale del convenio.
- Convocar reuniones periódicas o cuando se considere conveniente para mantener el adecuado desarrollo del convenio.
- Demás funciones que se consideren convenientes.

11. DURACION DEL CONVENIO

El presente Convenio se suscribe por un término de CINCO (5) años, el cual podrá ser renovado por periodos iguales de común acuerdo entre las partes.

ANEXO B
ASIGNACIÓN DE PREGUNTAS SEGÚN CODIFICACIÓN DE COLOR

Para la aplicabilidad del modelo se presentan a continuación, los diferentes eco indicadores por medio de preguntas catalogadas en tres niveles. En este se involucran los índices realizados, en la casilla número seis.

Nivel Rojo

Por favor haga solamente **una cruz (x)** por cada respuesta en uno de los campos blancos **eligiendo así un valor de la escala.**

En la **casilla No.6** se anotaran los índices relacionados a cada pregunta

PREGUNTAS	0 0% 10%	1 10% 20%	2 20% 40%	3 40% 60%	4 60% 80%	5 80% 100%	6 Índice
1. Que porcentaje de ganancia existe sobre la venta anual?							Estructura De Costos E Implementación De Tecnología Ambiental 3.1.1.1
2- En qué porcentaje estima usted que en el último año realizo inversiones para mitigar y evitar impactos ambientales?							Estructura De Costos E Implementación De Tecnología Ambiental 3.1.1.2
3. Determinar el porcentaje de calidad en el proceso con respecto a la producción de lodos?							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.1
4- Que porcentaje de residuos generados se vuelven a reutilizar en el proceso de producción?							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.4 A
5- Que porcentaje de los residuos generados se utilizan para otros fines?							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.4 B
6- Determinar el porcentaje de calidad en el proceso con respecto a la producción de residuos líquidos?							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.2
7-Evalúe el porcentaje de ahorro de vertimientos frente al consumo total							Eficiencia en el uso de recursos 3.1.3.1
8- Evalúe la eficiencia de los arrastres frente a los vertimientos							Eficiencia en el uso de recursos 3.1.3.2

9. Determine el porcentaje de trabajadores con conciencia ambiental sobre el total de trabajadores							Eficiencia de programas ambientales 3.1.4.1
10. Determine el porcentaje de cambios adoptados a nivel ambiental teniendo en cuenta los problemas ambientales encontrados en la industria							Eficiencia de programas ambientales 3.1.4.2

Fuente: MinAmbiente -las industrias - las autoras

Nivel Amarillo

PREGUNTAS	0 0% 10%	1 10% 20%	2 20% 40%	3 40% 60%	4 60% 80%	5 80% 100%	6 Índice
1- Determinar el porcentaje de calidad en el proceso con respecto a la producción de residuos Sólidos?							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.3
2-Que porcentaje del total del los residuos generados, son separados y destinados para una disposición final específica.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.5
3-Determine el porcentaje de la materia prima utilizada teniendo presente el total de la materia prima adquirida, averiada, etc, en el último año.							Eficiencia en el uso de recursos 3.1.3.4
4-Evalúe en porcentaje la medida en que se han evitado los accidentes ambientales con relación a los accidentes ocurridos							Eficiencia de programas ambientales 3.1.4.2
5-Determine el porcentaje de recirculación de agua sobre el consumo total							Eficiencia en el uso de recursos 3.1.3.3

Fuente: MinAmbiente -las industrias - las autoras

Nivel Verde

PREGUNTAS	0 0% 10%	1 10% 20%	2 20% 40%	3 40% 60%	4 60% 80%	5 80% 100%	6 Índice
1-Determine el porcentaje de cumplimiento entre el DBO5 que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6

2- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el SST que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
3- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el DQO que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
4- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el SS que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
5- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Grasas y Aceites que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
6- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cadmio que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
7- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cianuro que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
8- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cobre que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
9- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cromo total que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
10- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Cromo VI que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
11- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Sulfuro que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6

12- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Zinc que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
13- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Níquel que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
14- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el SAAM que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6
15- Determine el porcentaje de cumplimiento entre el Fenoles que debe cumplir y el real encontrado en una muestra testigo el último año.							Desarrollo De La Valoración De Residuos 3.1.2.6

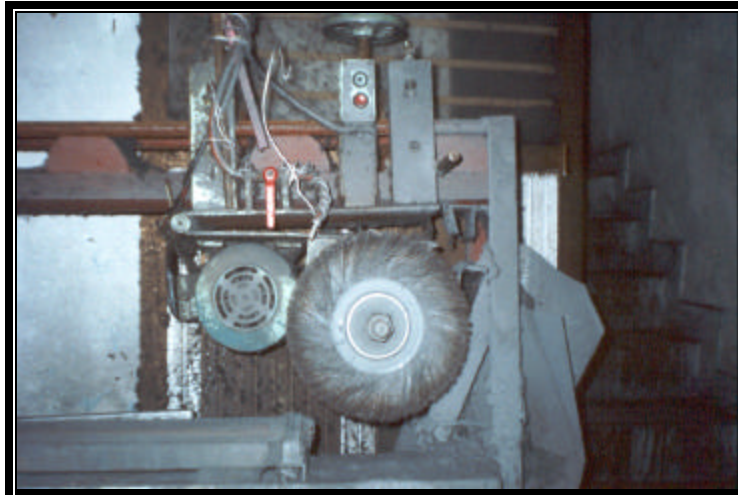
Fuente: MinAmbiente -las industrias -las autoras

ANEXO E
INDUSTRIA COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA.

Foto 1. Zona de anodizado



Foto 2. Maquina gratadora



Características: Proporcionar a la pieza un acabado mate por medios mecánicos

Foto 3. Pulidora



Características: Proporcionar a la pieza un acabado brillante por medios mecánicos)

Foto 4. Tina de brillo químico



Características: Proporcionar a la pieza un acabado brillante por medios químicos.

Foto 5. Tina de enjuague primario de brillo químico



Características: Remoción de trazas de ácido generadas en la inmersión del brillo químico.

Foto 6. Tina de decapado



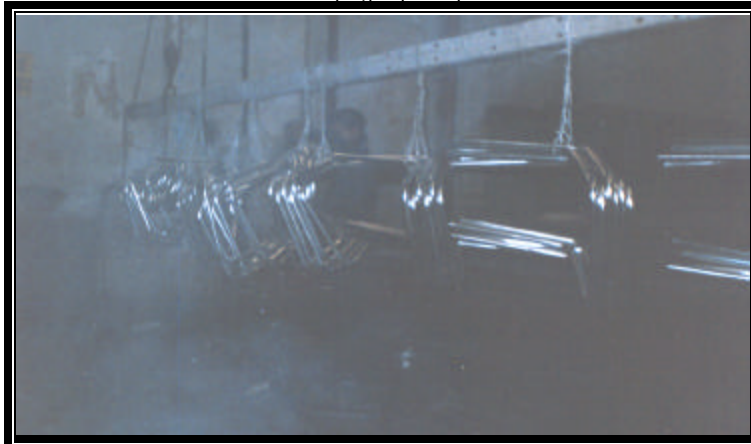
Características: Remoción de óxido en la superficie de la pieza.

Foto 7. Tina de anodinado



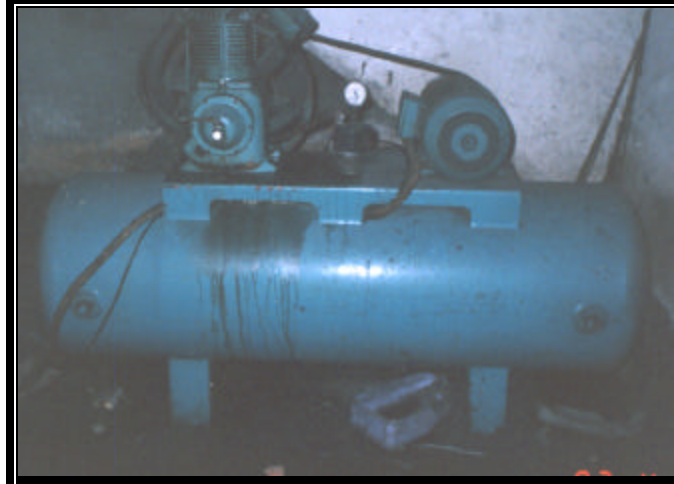
Características: Efectuar el recubrimiento de óxido de aluminio sobre la superficie de la pieza.

Foto 8. Enjuague por aspersión



Características: Remover las trazas de soluciones que queden adheridas a la pieza.

Foto 9. Compresor



Características: Proporcionar energía hidráulica a la maquina pulidora y gratadora

Foto 10. Soplete



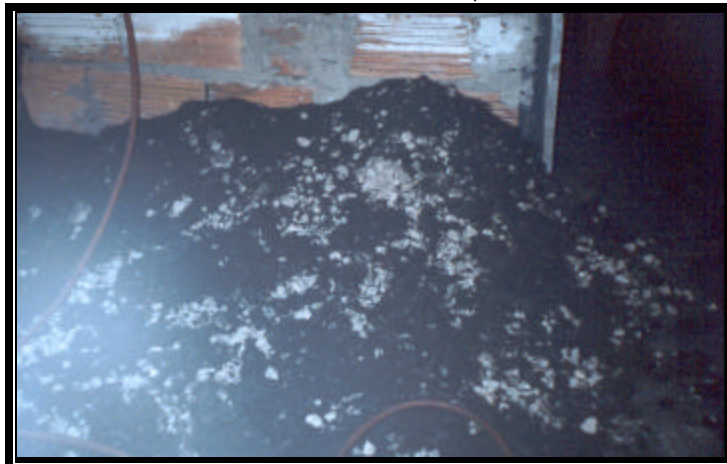
Características: Efectuar el calentamiento de los baños de brillo químico, color y sellado a temperaturas de 60, 70 y 63°C respectivamente.

Foto 11. Tanque de Tratamiento



Características: Tratamiento de aguas ácidas y alcalinas procedentes del enjuague por inmersión.

Foto 11. Acumulación de material particulado



Características: Deficiente manejo en la recolección de material particulado

ANEXO F

ESTUDIO DE TIEMPO Y MOVIMIENTOS COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA.

L. Color: Blanco

Acabado: Mate

Material: Aluminio 6m No. Perfil: 14/2150g Fecha: Abril 04/2003
 Peso Inicial: 30,1Kg Peso Final: 30,14 Tipo: Cuadrado 4*4

OPERACIÓN	PRODUCTO	TEMPERATURA	PESO (Kg)	DURACIÓN (min) Hora Inicio
GRATADO ³	Agua	Ambiente	2,42	198+15
DECAPADO	NaOH, Agua	Ambiente		2610+01
Enjuague Estático	Agua	Ambiente		1310+28
Enjuague Aspersión ⁴	Agua	Ambiente	95,45	710+30
Anodizado	H ₂ SO ₄ , Agua	Ambiente		6010+38
Enjuague Estático	Agua	Ambiente		711+38
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente	19,54	1,2611+40
Sellado	Agua	63		4511+42
Final				12+30

L. Color: Blanco

Acabado: Brillante

Material: Aluminio 6m No. Perfil: 48/2150gr Fecha: Abril 04/2003
 Peso Inicial: 103,2 Peso Final: 104,05 Tipo: Cuadrado 4*4

OPERACIÓN	PRODUCTO	TEMPERATURA	PESO (Kg)	DURACIÓN (min) Hora Inicio
Pulido Mecánico	Pasta	38Piezas lado		513+00
		38Piezas lado		513+05
Limpieza manual	Estopa	Ambiente		1013+10
Anodizado	H ₂ SO ₄ , Agua	Ambiente		6013+30
Enjuague Estático	Agua	Ambiente		7 seg 14+30
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente	136,5	1014+41
Sellado	Agua	63		2514+52
Final				15+20

L. Color: Blanco

Acabado: Químico

Material: Aluminio 3m No. Perfil: 38/1200gr Fecha: Abril 04/2003
 Peso Inicial: 45,6 Kg Peso Final: 45,97 Tipo: Flauta

OPERACIÓN	PRODUCTO	TEMPERATURA	PESO (Kg)	DURACIÓN (min) Hora Inicio
Brillo Químico	H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ , HNO ₃	60		40 Seg 13+35
Enjuague Estático	agua	Ambiente		714+17
Enjuague Estático	Agua	Ambiente		714+25
Anodizado	H ₂ SO ₄ , Agua	Ambiente		6014+33
Enjuague Estático	Agua	Ambiente		815+33
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente	81,81	615+41
Sellado	Agua	63		3015+48
Final				16+20

³ El consumo de agua en el gratado es de 100ml en 47seg, según resultados promediados en el aforo.

⁴ Al efectuar el aforo en la manguera utilizada para el enjuague por aspersión y teniendo en cuenta que la abertura de la llave era la misma al desarrollar el proceso, el promedio de gasto fue de 1lt en 4.40 segundos.

L. Color: Dorado
Acabado: Mate

Material: Aluminio 6m No. Perfil: 36/2150gr Fecha: Abril 04/2003
Peso Inicial: 77,4 Kg Peso Final: 77,82 Tipo: Cuadrado 4*4

OPERACIÓN	PRODUCTO	TEMPERATURA	PESO (Kg)	DURACIÓN (min)	Hora Inicio
GRATADO	Agua	Ambiente	6,38		5013+00
DECAPADO	NaOH, Agua	Ambiente			3013+50
Enjuague Estático	Agua	Ambiente			2014+20
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente	136,5		1014+42
Anodizado	H ₂ SO ₄ , Agua	Ambiente			6014+53
Enjuague Estático	Agua	Ambiente	68,18		1016+00
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente			516+11
Color	H ₂ C ₂ O ₄ , Color, Agua	70			1216+17
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente	136,5		1016+30
Sellado	Agua	63			2016+42
Final					17+05

L. Color: Dorado
Acabado: Brillante

Material: Aluminio 3m No. Perfil: 48/2150gr Fecha: Abril 04/2003
Peso Inicial: 103,2 Peso Final: 104,45 Tipo: Cuadrado 4*4

OPERACIÓN	PRODUCTO	TEMPERATURA	PESO (Kg)	DURACIÓN (min)	Hora Inicio
Pulido Mecánico	Pasta	48Piezas lado			68+50
		48Piezas lado			69+02
Limpieza Manual	Estopa	Ambiente			59+10
Anodizado	H ₂ SO ₄ , Agua	Ambiente			6010+40
Enjuague Estático	Agua	Ambiente		7 seg	11+40
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente	136,5		1011+41
Color	H ₂ C ₂ O ₄ , Color, Agua	70			1212+02
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente	136,5		1012+14
Sellado	Agua	63			2012+26
Final					12+46

L. Color: Dorado
Acabado: Químico

Material: Aluminio 3m No. Perfil: 30/315Kg Fecha: Abril 04/2003
Peso Inicial: 9,45 Kg Peso Final: 9,57 Tipo: Perfil 1/2''

OPERACIÓN	PRODUCTO	TEMPERATURA	PESO (Kg)	DURACIÓN (min)	Hora Inicio
Brillo Químico	H ₂ SO ₄ , H ₆ PO ₄ , HNO ₃	60		31 seg	8+12
Enjuague Estático	agua	Ambiente		6 seg	8+14
Enjuague Estático	Agua	Ambiente		6 seg	8+14
Anodizado	H ₂ SO ₄ , Agua	Ambiente			608+15
Enjuague Estático	Agua	Ambiente		5 seg	9+18
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente	68,86		5,39+19
Color	H ₂ C ₂ O ₄ , Color, Agua	70			109+25
Enjuague Aspersión	Agua	Ambiente	54,54		49+36
Sellado	Agua	63			909+41
Final					11+11

ANEXO G
PRACTICA DE LABORATORIO
Medición de Grasa, Oxido y Adsorción

A continuación se describirá, el montaje a escala desarrollado por las autoras en los laboratorios de Analquim, con el objeto de determinar el porcentaje de grasa y oxido que poseen las piezas a procesar.

1. Colombiana de Aluminios Ltda.

A. Determinación de Grasa y Oxido

- Se tomó un Beaker de 500ml, que contenía solución de soda cáustica y agua en relación 15–85 respectivamente, tomada del baño de decapado de la planta. Concentración NaOH: 98%.
- Se seleccionó la pieza a decapar, de acuerdo a la mayor demanda de producción en la industria, La pieza a decapar fue: perfil de 15cm tipo 4*4.
- Se tomó su peso inicial.



- Se sumergió la pieza en la solución por un periodo de 15 minutos, tomando previamente el pH y la temperatura de la solución.



- Una vez concluyó el tiempo, se retiró la pieza y se dejó secar al aire libre, para determinar su peso final.

- La diferencia entre el peso inicial y el final, indica la grasa⁵ y oxido que poseía la pieza antes de efectuarse el decapado.

2. Zn's Inversiones Suárez y Ríos Ltda.

A. Determinación de Grasa.

- Se tomó un Beaker de 500ml, que contenía solución desengrasante y agua en relación 20-80 respectivamente, tomada del baño de desengrase de la planta.
- Se seleccionó la pieza a decapar, teniendo en cuenta la mayor demanda de producción en la industria, La pieza a desengrasar fue: tornillo.
- Se tomó el peso inicial de la pieza.



- Se sumergió la pieza en la solución desengrasante y se llevó a la mufla a una temperatura de 60°C, por un periodo de 60 minutos, tomando previamente el pH de la solución.
- Una vez concluyó el tiempo, se retiró la pieza y se introdujo a la estufa a una temperatura de 100°C por un periodo de 60 minutos, para secar la pieza y proceder a pesar.



- La diferencia entre el peso inicial y el final, indica la grasa que poseía la pieza antes de efectuarse el desengrase.

A. Determinación de Oxido.

- Una vez se pesó la pieza del proceso de desengrase, se tomó un Beaker de 500ml, que contenía Ácido clorhídrico y agua en relación 90-10 respectivamente, tomada de la tina de decapado 1. Concentración HCL: 32%, y se sumergió la pieza por un periodo de 60 minutos.
- Una vez concluyó el tiempo, se retiró la pieza y se dejó secar al aire libre, para determinar su peso final.
- La diferencia entre el peso inicial y el final, indica el oxido que poseía la pieza antes de efectuarse el decapado.

⁵ De acuerdo a las generalidades del proceso productivo, la operación de decapado se utiliza para remover las trazas de oxido de la superficie de la pieza, teniendo en cuenta que la industria no posee operación de desengrase, se asume que la operación de decapado eliminará también pequeñas trazas de grasa de la superficie.

ANEXO H.

Entrada de sustancias químicas por operación unitaria según línea de color y tipo de acabado

OPERACIÓN UNITARIA	SUST. QUÍMICA	Porcentaje de reactivo agregado de acuerdo al volumen de la tina (%)	Consumo diario de sustancia Química en la operación (kg/día)	Densidad (Kg/L),	Porcentaje de concentración comercial (%)	Volumen del reactivo (L)	Consumo en la tina de sustancia química concentrada (Kg)
BLANCO MATE							
Decapado	NaOH	0.20	2.884	2.13	98	1.35	2.856
Anodizado	H ₂ SO ₄	0.15	2.066	1.84	98	1.12	2.043
BLANCO BRILLANTE							
Anodizado	H ₂ SO ₄	0.15	2.12	1.84	98	1.152	2.097
BLANCO QUÍMICO							
Brillo Químico	H ₂ SO ₄	47.61	13.04	1.84	98	7.08	12.90
	H ₃ PO ₄	47.61	13.04	1.65	85	7.9	11.85
	HNO ₃	4.76	1.30	1.4	54	0.92	0.87
Anodizado	H ₂ SO ₄	0.15	2	1.84	98	1.08	1.98
DORADO MATE							
Decapado	NaOH	0.20	2.96	2.13	98	2.10	2.93
Anodizado	H ₂ SO ₄	0.15	2.28	1.84	98	1.24	2.25
Coloreado	Color	0.055	1.60	1.80	-	0.88	1.60
	H ₂ C ₂ O ₄	0.006862	0.199	1.04	99.6	0.19	0.197
DORADO BRILLANTE							
Anodizado	H ₂ SO ₄	0.15	2.08	1.84	98	1.13	2.057
Coloreado	Color	0.055	1.54	1.80	-	0.57	1.04
	H ₂ C ₂ O ₄	0.006862	0.19	1.04	99.6	0.18	0.189
DORADO QUÍMICO							
Brillo Químico	H ₂ SO ₄	47.61	13.38	1.84	98	7.27	13.23
	H ₃ PO ₄	47.61	13.38	1.65	85	8.11	12.16
	HNO ₃	4.76	1.33	1.4	54	0.95	0.893
Anodizado	H ₂ SO ₄	0.15	2.08	1.84	98	1.130	2.057
Coloreado	Color	0.055	1.55	1.80	-	0.86	1.55
	H ₂ C ₂ O ₄	0.006862	0.19	1.04	99.6	0.18	0.189

Fuente: Colombiana de Aluminios y Las Autoras

ANEXO I

Entrada de agua por tina u operación unitaria teniendo en cuenta el acabado y línea de color.

Tina	Agua proveniente de	% de Volumen de agua potable en la tina	Aporte de agua en la disolución de sustancias químicas (Kg) ⁶	Consumo de agua Diario en la industria (Kg)	Entrada de agua (Kg) ⁷
BLANCO MATE					
Gratado	Agua potable	-	-	2.41	2.41
Decapado	NaOH	-	0.027	-	11.563
	Agua potable	80	-	11.536	
Enjuague Estático	Agua potable	100	-	210	210
Enjuague Manual	Agua de enjuague D	-	-	94.31	94.31
Anodizado	H ₂ SO ₄	-	0.022	-	11.732
	Agua	80	-	11.71	
Enjuague Estático	Agua potable	100	-	51	51
Enjuague Manual	Agua potable	-	-	19.51	19.51
Sellado	Agua potable	100	-	32	32
BLANCO BRILLANTE					
Anodizado	H ₂ SO ₄	-	0.023	-	12.053
	Agua	80	-	12.03	
Enjuague Estático	Agua potable	100	-	52	52
Enjuague Manual	Agua potable	-	-	135.27	135.27
Sellado	Agua potable	100	-	32	32
BLANCO QUÍMICO					
Brillo Químico	H ₂ SO ₄	-	0.14	-	1.75
	H ₃ PO ₄	-	1.18	-	
	HNO ₃	-	0.43	-	
Enjuague Estático Primario	Agua potable	100	-	63	63
Enjuague Estático Secundario	Agua potable	100	-	55	55
Anodizado	H ₂ SO ₄	-	0.021	-	11.381
	Agua	80	-	11.36	
Enjuague Estático	Agua potable	100	-	51	51
Enjuague Manual	Agua potable	-	-	81.13	81.13
Sellado	Agua potable	100	-	32	32
DORADO MATE					
Gratado	Agua potable	-	-	6.34	6.34
Decapado	NaOH	-	0.027	-	11.877
	Agua potable	80	-	11.85	
Enjuague Estático	Agua potable	100	-	210	210
Enjuague Manual	Agua de enjuague D	-	-	135.61	135.61
Anodizado	H ₂ SO ₄	-	0.024	-	12.96
	Agua	80	-	12.94	
Enjuague Estático	Agua potable	100	-	52	52
Enjuague Manual	Agua potable	-	-	67.80	67.80
Color	H ₂ C ₂ O ₄	-	0.00076	-	14.23
	Agua potable	89.91	-	14.23	

⁶ Consumo diario de sustancia química en cada tina – Consumo en la tina de sustancia química concentrada

⁷ Es la suma de la columna 4 y 5 por la densidad del agua.

Enjuague Manual	Agua potable	100	-	135.61	135.61
Sellado	Agua potable	100	-	32	32
DORADO BRILLANTE					
Anodizado	H ₂ SO ₄	-	0.022	-	11.822
	Agua	80	-	11.80	
Enjuague Estático	Agua potable	100	-	51	51
Enjuague Manual	Agua potable	-	-	106.64	106.64
Color	H ₂ C ₂ O ₄	-	0.00073	-	13.731
	Agua potable	89.91	-	13.73	
Enjuague Manual	Agua potable	100	-	106.64	106.64
Sellado	Agua potable	100	-	32	32
DORADO QUÍMICO					
Brillo Químico	H ₂ SO ₄	-	0.14	-	1.79
	H ₃ PO ₄	-	1.216	-	
	HNO ₃	-	0.437	-	
Enjuague Estático Primario	Agua potable	100	-	63	63
Enjuague Estático Secundario	Agua potable	100	-	55	55
Anodizado	H ₂ SO ₄	-	0.022	-	11.872
	Agua	80	-	11.85	
Enjuague Estático	Agua potable	100	-	52	52
Enjuague Manual	Agua potable	100	-	72.51	72.51
Color	H ₂ C ₂ O ₄	-	0.00073	-	13.731
	Agua potable	89.91	-	13.73	
Enjuague Manual	Agua potable	100	-	57.43	57.43
Sellado	Agua potable	100	-	32	32

Fuente: Colombiana de Aluminios y las autoras

ANEXO J.

Análisis de arrastre y evaporación en cada una de las tinas para

Blanco Mate

TINA	EVAPORACIÓN							ARRASTRE			
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s)	Tasa de evaporación específica (L (m ² *h)	Superficie del baño (m ²)	Evapora-ción (Lsln/Hora)	Tiempo de Evapora-ción (Hora)	Evapora-ción (Kg Sln/día)	Arrastre específico (L/m ² superficie de pieza)	Producción (m ² /Día superficie pieza)	Arrastre (L Solución/Día)	Arrastre (Kg solución/Día)
Gratado	Ambiente	-	-	-	-	-	-	0.097	24.82	2.41	2.41
Decapado	Ambiente	0.3	0.4	2.83	1.132	12	14.17	0.00966	24.82	0.24	0.25
Enjuague estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	1	12.096	0.01449	24.82	0.36	0.36
Anodizado	Ambiente	0.3	0.4	6.93	2.772	4	12.839	0.02415	24.82	0.60	0.69
Enjuague estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	4	4.032	0.00966	24.82	0.24	0.24
Sellado	63	0.3	4.27	3.78	16.14	0.66	10.76	0.01449	24.82	0.36	0.36
	Ambiente	0.3	0.4	3.78	1.512	7.33	11.088				

Fuente: Las autoras

Blanco brillante

TINA	EVAPORACIÓN							ARRASTRE			
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s)	Tasa de evaporación específica (L (m ² *h)	Superficie del baño (m ²)	Evapora-ción (Lsln/Hora)	Tiempo de Evapora-ción (Hora)	Evapora-ción (Kg Sln/día)	Arrastre específico (L/m ² superficie de pieza)	Producción (m ² /Día superficie pieza)	Arrastre (L Solución/Día)	Arrastre (Kg solución/Día)
Anodizado	Ambiente	0.3	0.4	6.93	2.77	4	12.839	0.00483	84.56	0.408	0.4704

Enjuague Estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.00	4	4.032	0.00966	84.56	0.816	0.816
Sellado	63	0.3	4.27	3.78	16.1	0.66	10.76	0.00966	84.56	0.816	0.816
	Ambiente	0.3	0.4	3.78	1.51	7.33	11.088				

Fuente: Las autoras

Blanco químico

TINA	EVAPORACIÓN							ARRASTRE			
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s)	Tasa de evaporación específica (L (m ² *h)	Superficie del baño (m ²)	Evapora -ción (L sln/Hora)	Tiempo de Evapora -ción (Hora)	Evapora -ción (Kg Sln/día)	Arrastre específico (L/m ² superficie de pieza)	Producción (m ² /Día superficie pieza)	Arrastre (LSolución/Día)	Arrastre (Kg solución/ Día)
Brillo Químico	60	0.3	3.75	1.86	6.975	1	12.55	0.00483	14.34	0.0692	0.12
	Ambiente	0.3	0.4	1.86	0.744	11	14.7312				
Enjuague Estático Primario	Ambiente	0.3	0.4	1.64	0.656	12	8.58	0.0483	14.34	0.692	0.75
Enjuague Estático Secundario	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	12	6.96	0.0241	14.34	0.3463	0.34
Anodizado	Ambiente	0.3	0.4	6.93	2.772	4	12.839	0.00966	14.34	0.1385	0.16
Enjuague estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	4	4.032	0.0193	14.34	0.2770	0.2770
Sellado	63	0.3	4.27	3.78	16.14	0.66	10.76	0.0483	14.34	0.692	0.692
	Ambiente	0.3	0.4	3.78	1.512	7.33	11.088				

Fuente: Las autoras

Dorado mate

TINA	EVAPORACIÓN							ARRASTRE			
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s)	Tasa de evaporación específica (L (m ² *h)	Superficie del baño (m ²)	Evap. (L sln/Hora)	Tiempo de Evap. (Hora)	Evap. (Kg Sln/día)	Arrastre específico (L/m ² superficie de pieza)	Producción (m ² /Día superficie pieza)	Arrastre (L Solución/Día)	Arrastre (Kg solución/Día)
Gratado	Ambiente	-	-	-	-	-	-	0.0997	63.58	6.34	6.34
Decapado	Ambiente	0.3	0.4	2.83	1.132	12	14.17	0.00966	63.58	0.614	0.64
Enjuague Estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	12	12.096	0.01449	63.58	0.92	0.92
Anodizado	Ambiente	0.3	0.4	6.93	2.772	4	12.839	0.0241	63.58	1.53	1.76
Enjuague estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	4	4.032	0.00966	63.58	0.614	0.614
Color	70	0.3	5.5	2.20	12.1	0.66	8.06	0.0193	63.58	1.23	1.23
	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	7.33	6.45				
Sellado	63	0.3	4.27	3.78	16.14	0.66	10.76	0.0193	63.58	1.23	1.23
	Ambiente	0.3	0.4	3.78	1.512	7.33	11.088				

Fuente: Las autoras

Dorado brillante

TINA	EVAPORACIÓN							ARRASTRE			
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s)	Tasa de evaporación específica (L (m ² *h)	Superficie del baño (m ²)	Evaporación (L sln/Hora)	Tiempo de Evaporación (Hora)	Evaporación (Kg Solución/día)	Arrastre específico (L/m ² superficie de pieza)	Producción (m ² /Día superficie pieza)	Arrastre (L Solución/Día)	Arrastre (Kg. solución/Día)
Anodizado	Ambiente	0.3	0.4	6.93	2.772	4	12.839	0.00966	33.33	0.322	0.37
Enjuague Estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	4	4.032	0.0193	33.33	0.643	0.643

Color	70	0.3	5.5	2.20	12.1	0.66	8.06	0.0193	33.33	0.643	0.643
	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	7.33	6.45				
Sellado	63	0.3	4.27	3.78	16.14	0.66	10.76	0.00966	33.33	0.322	0.322
	Ambiente	0.3	0.4	3.78	1.512	7.33	11.088				

Fuente: Las autoras

Dorado químico

TINA	EVAPORACIÓN							ARRASTRE			
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s)	Tasa de evaporación específica (L (m ² ·s) ⁻¹ ·h)	Superficie del baño (m ²)	Evaporación (L sln/Hora)	Tiempo de Evaporación (Hora)	Evaporación (Kg. Sln/día)	Arrastre específico (L/m ² superficie de pieza)	Producción (m ² /Día superficie pieza)	Arrastre (LSolución/Día)	Arrastre (Kg solución/Día)
Brillo Químico	60	0.3	3.75	1.86	6.975	1	12.55	0.00966	47.04	0.454	0.82
	Ambiente	0.3	0.4	1.86	0.744	11	14.7312				
Enjuague estático primario	Ambiente	0.3	0.4	1.64	0.656	12	8.58	0.0241	47.04	1.136	1.24
Enjuague estático secundario	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	12	6.96	0.00966	47.04	0.454	0.45
Anodizado	Ambiente	0.3	0.4	6.93	2.772	4	12.839	0.00966	47.04	0.454	0.52
Enjuague estático	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	4	4.032	0.0193	47.04	0.91	0.91
Color	70	0.3	5.5	2.20	12.1	0.66	8.06	0.01449	47.04	0.68	0.68
	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	7.33	6.45				
Sellado	63	0.3	4.27	3.78	16.14	0.66	10.76	0.01449	47.04	0.68	0.68
	Ambiente	0.3	0.4	3.78	1.512	7.33	11.088				

Fuente: Las autoras

ANEXO K.

Salidas por operación unitaria en cada una de las tinis teniendo en cuenta el tipo de acabado y la línea de color

Blanco mate.

Tina	Abastecimiento	Evaporación		Arrastre		Adsorción		Reutilización	Descarga diaria	Salidas
		%	Kg/día	%	Kg/día	%	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día
Gratado	Agua Potable	-	-	-	-	-	-	-	2.41	2.41
Decapado	NaOH	20	2.834	20	0.05	20	-	-	-	2.884
	Agua Potable	80	11.336	80	0.2	80	-	-	-	11.536
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	12.096	100	0.36	100	-	-	197.544	210
Enjuague Manual	Agua Potable	-	-	-	-	-	-	94.31	-	94.31
Anodizado	H ₂ SO ₄	15	1.9258	15	0.1035	15	0.0372	-	-	2.066
	Agua Potable	85	10.9131	85	0.5865	85	0.2108	-	-	11.71
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	4.032	100	0.24	100	-	-	46.728	51
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	19.51	-	19.51
Sellado	Agua Potable	100	21.848	100	0.36	100	-	-	9.792	32

Fuente: Las autoras

Blanco brillante.

Tina	Abastecimiento	Evaporación		Arrastre		Adsorción		Reutilización	Descarga diaria	Salidas
		%	Kg/día	%	Kg/día	%	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día
Anodizado	H ₂ SO ₄	15	1.9258	15	0.07056	15	0.1275	-	-	2.12
	Agua Potable	85	10.9131	85	0.39984	85	0.7225	-	-	12.03
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	4.032	100	0.816	100	-	-	47.152	52
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	135.27	-	135.27
Sellado	Agua Potable	100	21.848	100	0.816	100	-	-	9.336	32

Blanco químico

Tina	Abastecimiento	Evaporación		Arrastre		Adsorción		Reutilización	Descarga diaria	Salidas
		%	Kg/día	%	Kg/día	%	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día
Brillo Químico	H ₂ SO ₄	47.61	12.988	47.61	0.0571	47.61	-	-	-	13.04
	H ₂ PO ₄	47.61	12.988	47.61	0.0571	47.61	-	-	-	13.04
	HNO ₃	4.76	1.298	4.76	0.0057	4.76	-	-	-	1.30
Enjuague Estático Primario	Agua Potable	100	8.58	100	0.75	100	-	26.835	26.835	63
Enjuague Estático Secundario	Agua de Enjuague Manual	100	6.96	100	0.34	100	-	-	47.7	55
Anodizado	H ₂ SO ₄	15	1.925	15	0.024	15	0.0555	-	-	2.00
	Agua Potable	85	10.913	85	0.136	85	0.3145	-	-	11.36
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	4.032	100	0.2770	100	-	-	46.691	51
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	81.13	-	81.13
Sellado	Agua Potable	100	21.848	100	0.692	100	-	-	9.46	32

Fuente: Las autoras

Dorado mate.

Tina	Abastecimiento	Evaporación		Arrastre		Adsorción		Reutilización	Descarga diaria	Salidas
		%	Kg/día	%	Kg/día	%	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día
Gratado	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	-	6.34	6.34
Decapado	NaOH	20	2.834	20	0.128	20	-	-	-	2.96
	Agua Potable	80	11.336	80	0.512	80	-	-	-	11.85
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	12.096	100	0.92	100	-	-	196.984	210
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	135.61	-	135.61
Anodizado	H ₂ SO ₄	15	1.9258	15	0.264	15	0.094	-	-	2.28
	Agua Potable	85	10.9131	85	1.496	85	0.535	-	-	12.94
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	4.032	100	0.614	100	-	-	47.354	52

Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	67.80	-	67.80
Coloreado	Color	10	1.451	10	0.123	10	0.03	-	-	1.604
	Agua Potable	88.75	12.877	88.75	1.0916	88.75	0.266	-	-	14.23
	A. Oxálico	1.24	0.1799	1.24	0.0152	1.24	0.0037	-	-	0.199
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	135.61	-	135.61
Sellado	Agua Potable	100	21.848	100	1.23	100	-	-	8.922	32

Fuente: Las autoras

Dorado brillante.

Tina	Abastecimiento	Evaporación		Arrastre		Adsorción		Reutilización	Descarga diaria	Salidas
		%	Kg/día	%	Kg/día	%	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día
Anodizado	H ₂ SO ₄	15	1.9258	15	0.0555	15	0.100	-	-	2.08
	Agua Potable	85	10.9131	85	0.3145	85	0.570	-	-	11.80
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	4.032	80	0.643	80	-	-	46.325	51
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	106.64	-	106.64
Coloreado	Color	10	1.451	10	0.0643	10	0.032	-	-	1.55
	Agua Potable	88.75	12.877	88.75	0.570	88.75	0.282	-	-	13.73
	A. Oxálico	1.24	0.1799	1.24	0.00797	1.24	0.0039	-	-	0.19
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	106.64	-	106.64
Sellado	Agua Potable	100	21.848	100	0.322	100	-	-	9.83	32

Fuente: Las autoras

Dorado químico.

Tina	Abastecimiento	Evaporación		Arrastre		Adsorción		Reutilización	Descarga diaria	Salidas
		%	Kg/día	%	Kg/día	%	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día
Brillo Químico	H ₂ SO ₄	47.61	12.988	47.61	0.39	47.61	-	-	-	13.38
	H ₂ PO ₄	47.61	12.988	47.61	0.39	47.61	-	-	-	13.38
	HNO ₃	4.76	1.298	4.76	0.039	4.76	-	-	-	1.33
Enjuague Estático Primario	Agua Potable	100	8.58	100	1.24	100	-	-	53.18	63
Enjuague Estático Secundario	Agua de enjuague Manual	100	6.96	100	0.45	100	-	-	47.59	55
Anodizado	H ₂ SO ₄	15	1.925	15	0.078	15	0.088	-	-	2.09
	Agua Potable	85	10.913	85	0.442	85	0.50	-	-	11.85
Enjuague Estático	Agua de Enjuague Manual	100	4.032	100	0.91	100	-	-	47.058	52
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	72.51	-	72.51
Coloreado	Color	10	1.451	10	0.068	10	0.028	-	-	1.547
	Agua Potable	88.75	12.877	88.75	0.6035	88.75	0.2485	-	-	13.73
	A. Oxálico	1.24	0.1799	1.24	0.008	1.24	0.0034	-	-	0.19
Enjuague Manual	Agua Potable	100	-	100	-	100	-	57.43	-	57.43
Sellado	Agua Potable	100	21.848	100	0.68	100	-	-	9.472	32

Fuente: Las autoras

ANEXO N
INDUSTRIA ZN'S INVERSIONES SUAREZ Y RIOS LTDA.

Foto 1. Zona de zincado



Foto 2. Tinas de desengrase y decapado



Características: Remover las trazas de grasa y oxido de la superficie de la pieza

Foto 3. Resistencia del baño de desengrase



Características: Mantener la temperatura del baño de desengrase a 60°C.

Foto 4. Ubicación de las barras de zinc en los tubos anódicos



Características: las barras de zinc actúan como ánodos y la pieza como cátodo, con el fin de proporcionar el recubrimiento en el proceso de electrolisis.

Foto 5. Proceso de zincado en Tambor



Características: Efectuar el recubrimiento electrolítico a piezas pequeñas (tornillo, abrazaderas) por medio del uso de tambores.

Foto 6. Tina de pasivado irisado



Características: Proporcionar el color a la pieza por inmersión en la tina de amarillo irisado.

Foto 7. Termostato de la tina de sellado



Características: Mantener la temperatura de la tina de sellado a 43°C.

Foto 8. Centrífugas



Características: Mantener la temperatura de la tina de sellado a 43°C.

Foto 9. Caja de Inspección



Foto 9. Zona de almacenamiento de producto sin tratamiento (al fondo) y de producto terminado (adelante)



ANEXO Ñ

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS, INDUSTRIA ZN'S INVERSIONES SUAREZ Y RIOS LTDA.

Material: Perfiles de hierro
Peso Inicial: 70 Kg

No. Perfil: 7
Peso Final: 72,8 Kg

OPERACIÓN	No. de tina	PRODUCTO	Temperatura (°C)	DURACIÓN	Hora Inicio
Desengrase		Agua, desengrasante	60	5 min	2: 00 p.m
Enj. manual	A	Agua	Ambiente	15 Seg	2: 05 p.m
Decapado	3	Ácido clorhídrico, Agua, Ácido Sulfúrico	Ambiente	40 min	2: 06 p.m
Neutralizado	2	Agua enjuague E	Ambiente	45 Seg	2: 46 p.m
Zincado	1	NaOH, Agua, Abrill., Purif., Zinc metal, Cianuro de sodio	Ambiente	6 min	2: 47 p.m
Enj. Manual	D	Agua	Ambiente	5 Seg	2: 53 p.m
Activado nítrico		Agua, Ácido Nítrico	Ambiente	5 Seg	2: 53 p.m
Pasivado azul		Agua, Ácido Nítrico, Pasivado Verde Oliva	Ambiente	3 min	2: 54 p.m
Enjuague manual	H	Agua	Ambiente	45 Seg	2: 55 p.m
Sellado agua caliente		Agua	43	3 min	2: 58 p.m

Material: Laminas de hierro
Peso Inicial: 50 Kg

No. Perfil: 50
Peso Final: 1,08 por lamina

OPERACIÓN	No. de tina	PRODUCTO	Temperatura (°C)	DURACIÓN (por perfil)	Hora Inicio
Desengrase		Agua, desengrasante	60	2 min	9:40 a.m
Enj. Manual	A	Agua	Ambiente	15 Seg	9:42 a.m
Enj. Manual	B	Agua	Ambiente	5 Seg	9:42 a.m
Decapado	2	Ácido clorhídrico, Agua, Ácido Sulfúrico	Ambiente	25 min	10:07 a.m
Enj. Manual	C	Agua	Ambiente	10 Seg	10:08 a.m
Neutralizado	2	Agua enjuague E	Ambiente	5 Seg	10:08 a.m
Zincado	2	NaOH, Agua, Abrill., Purif., Zinc metal, Cianuro de sodio	Ambiente	15 min	10:23 a.m
Enj. Manual	D	Agua	Ambiente	5 Seg	10:23 a.m
Enj. Manual	F	Agua	Ambiente	5 Seg	10:24 a.m
Enj. Manual	G	Agua	Ambiente	5 Seg	10:24 a.m
Activado nítrico		Agua, Ácido Nítrico	Ambiente	5 Seg	10:25 a.m
Pasivado irisado		Agua, Ácido Nítrico, Pasivado Azul	Ambiente	45 Seg	10:25 a.m
Enjuague manual	I	Agua	Ambiente	45 Seg	10:27 a.m
Sellado agua caliente		Agua	43	45 Seg	10:26 a.m

Material: Tornillos
Peso Inicial: 100 Kg

Peso Final: 101 Kg

OPERACIÓN	No. de tina	PRODUCTO	Temperatura (°C)	DURACIÓN	Hora Inicio
Desengrase		Agua, desengrasante	60	1h 50 min	12: 00 p.m
Enj. Manual	A	Agua	Ambiente	5 Seg	1:51 p.m
Enj. Manual	B	Agua	Ambiente	5 Seg	1:51 p.m
Decapado	1	Ácido clorhídrico, Agua, Ácido Sulfúrico	Ambiente	1h 30 min	1:52 p.m
Enj. Manual	C	Agua	Ambiente	5 Seg	3:22 p.m
Neutralizado	1	Agua enjuague D	Ambiente	5 Seg	3:22 p.m
Zincado	3	NaOH, Agua, Abrill., Purif., Zinc metal, Cianuro de sodio	Ambiente	1h	3:23 a.m
Enj. Manual	E	Agua	Ambiente	5 Seg	4:24 a.m
Enj. Manual	F	Agua	Ambiente	5 Seg	4:25 a.m
Enj. Manual	G	Agua	Ambiente	5 Seg	4:25 a.m
Activado nítrico		Agua, Ácido Nítrico	Ambiente	5 Seg	4:26 a.m
Pasivado Irisado		Agua, Ácido Nítrico, Pasivado Irisado	Ambiente	45 Seg	4:27 a.m
Enjuague manual	I	Agua	Ambiente	5 Seg	4:27 a.m

Material: Tuercas

Peso Inicial: 30 Kg

Peso Final: 34 Kg

OPERACIÓN	No. de tina	PRODUCTO	Temperatura (°C)	DURACIÓN	Hora Inicio
Decapado	2	Ácido clorhídrico, Agua, Ácido Sulfúrico	Ambiente	20 min	8:32 a.m
Enj. manual	C	Agua	Ambiente	5 Seg	8:53 a.m
Neutralizado	1	Agua enjuague D	Ambiente	10 Seg	8:53 a.m
Zincado	3	NaOH, Agua, Abrill., Purif., Zinc metal, Cianuro de sodio	Ambiente	1h	9:53 a.m
Enj. Manual	E	Agua	Ambiente	5 Seg	9:54 a.m
Enj. Manual	F	Agua	Ambiente	5 Seg	9:54 a.m
Enj. Manual	G	Agua	Ambiente	5 Seg	9:55 a.m
Activado nítrico		Agua, Ácido Nítrico	Ambiente	5 Seg	9:55 a.m
Pasivado verde		Agua, Ácido Nítrico, Pasivado Irisado	Ambiente	45 Seg	9:56 a.m
Enjuague manual	J	Agua	Ambiente	5 Seg	9:57 a.m

ANEXO O

PROPUESTA. DETERMINACIÓN DE EVAPORACIÓN Y ARRASTRES
COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA.

Tina	Evaporación							Arrastre					
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s) ⁸	Tasa de evaporación específica ⁹ (L (m ² *h)	Superficie del baño (m ²)	Evapora -ción (L Sln/hora) ¹⁰	Tiempo de evapo -ración (Hora)	Evapora -ción (Kg Sln/día) ¹¹	Arrastre específico (L/m ² superficie de pieza) ¹²	Producción (m ² /día superficie pieza) ¹³	Arrastre (Lsln/Día) ¹⁴	Arrastre (Kg sln/Día) ¹⁵	Porcentaje de disminu -ción (%)	Arrastre (Kg sln/Día) ¹⁶
Gratado	Ambiente	-	-	-	-	-	-	0.0099	88.4	8.75	8.75	-	8.75
Desengrase ¹⁷	75	0.3	2.375	2.20	5.225	8	41.8	0.01288	267.67	3.44	3.44	90	0.344
	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	16	14.08						
Enjuague 1	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.01930	267.67	5.16	5.16	90	0.516
Enjuague 2	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.01930	267.67	5.16	5.16	20	4.128
Decapado	Ambiente	0.3	0.4	2.83	1.132	24	28.33	0.00966	88.4	0.854	0.890	90	0.089

⁸ Tabla 33 de tasa de evaporación específica. Se considera una velocidad de corriente de aspiración de 0.3 m/s ya que no existe aspiración en ninguno de las tinas.

⁹ Se determina en la tabla 33 de tasa de evaporación específica, conociendo la temperatura y la velocidad de corriente de aspiración.

¹⁰ Tasa de evaporación específica por la superficie del baño

¹¹ Se determina con la tasa de evaporación específica, la densidad de la tina y el tiempo de evaporación.

¹² Se determina el arrastre específico a partir de los datos experimentales en función de la producción, donde se promedia el caudal en un día de trabajo, teniendo en cuenta en cada aforo el área superficial de las piezas y el período de arrastre.

¹³ Se determina de acuerdo a la producción que llega a cada tina en un día, por medio del análisis de tiempos y movimientos para aplicarlo a la producción real (Ej. Se calcula el área y la cantidad de perfiles de 6m tipo 4*4 (1.776m²), perfil de 3m tipo tubo de ½'' (0.2073 m²), perfil de 3m tipo flauta (0.3807 m²) y de perfiles de 3m tipo 4*4 (0.888 m²), en la entrada de cada operación (se suma el área de lo que entra en cada tina), y se relaciona el área con la producción real).

¹⁴ Se determina con el arrastre específico por la producción

¹⁵ Es el arrastre por la densidad de la tina.

¹⁶ Es el arrastre por el porcentaje de disminución.

¹⁷ En la tina de desengrase se toman dos evaporaciones, ya que la temperatura de la tina a 75°C solo dura el tiempo de trabajo (8horas) y en las 16 horas restantes, la tina se encuentra a temperatura ambiente(ya que se apagará la resistencia).

Decapado 1	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	24	24.192	0.01448	88.4	1.28	1.28	90	0.128
Decapado 2	Ambiente	0.3	0.4	2.52	1.008	24	24.192	0.01448	88.4	1.28	1.28	20	1.024
Brillo Químico	60	0.3	3.75	1.86	6.975	2	25.11	0.0085	61.38	0.5232	0.9417	90	0.094
	Ambiente	0.3	0.4	1.86	0.744	22	29.46						
Enjuague 1	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.012	61.38	0.73	0.73	90	0.073
Enjuague 2	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.012	61.38	0.73	0.73	20	0.584
Neutralizado	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.012	88.4	1.06	1.06	20	0.848
Anodizado	Ambiente	0.3	0.4	6.93	2.772	24	76.70	0.01288	267.67	3.45	3.98	90	0.398
Enjuague 1	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.01930	267.67	5.16	5.16	90	0.516
Enjuague 2	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.01930	267.67	5.16	5.16	90	0.516
Enjuague 3	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.01930	267.67	5.16	5.16	20	4.128
Color	70	0.3	5.5	2.20	12.1	2	24.2	0.0177	143.95	2.553	2.553	90	0.2553
	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	22	19.36						
Enjuague 1	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.0265	143.95	3.81	3.81	90	0.381
Enjuague 2	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	0.0265	143.95	3.81	3.81	20	3.048
Sellado	63	0.3	4.27	3.78	1.512	2	32.28	0.0153	267.67	4.1	4.1	20	3.280
	Ambiente	0.3	0.4	3.78	12.1	22	33.264						
Secado	Ambiente	0.3	0.4	2.20	0.88	24	21.12	-	-	-	-	-	-

Fuente: Las autoras

ANEXO O

PROPUESTA. DETERMINACIÓN DE EVAPORACIÓN Y ARRASTRES
ZN'S INVERSIONES SUAREZ Y RIOS LTDA.

Tina	Evaporación						Arrastre				
	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de aspiración (m/s) ¹⁸	Tasa de evaporación específica ¹⁹ (L (m2*h)	Superficie del baño (m2)	Evaporación (Lsolución/hora) ²⁰	Evaporación (Kg solución/día) ²¹	Arrastre específico (L/m2 superficie de pieza) ²²	Producción (m2/día superficie pieza) ²³	Porcentaje de minimización por buenas prácticas (%)	Arrastre (Lsolución/Día) ²⁴	Arrastre (Kg solución/Día) ²⁵
Desengrase ²⁶	60	0.3	3.75	0.77	2.88	23.04	0.0145	89.44	90	0.129	0.129
	Ambiente	0.3	0.4	0.77	0.308	4.928					
Enjuague A	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.0048	89.44	90	0.04	0.04
Enjuague B	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.014	89.44	20	1.00	1.00
Decapado 1	Ambiente	0.3	0.4	0.19	0.07	1.95	0.019	19.53	20	0.29	0.347
Decapado 2	Ambiente	0.3	0.4	0.7	0.28	7.32	0.0143	60.8	90	0.087	0.09
Decapado 3	Ambiente	0.3	0.4	4.96	1.98	57.97	0.0094	25.4	20	0.191	0.23
Enjuague C	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.0388	105.73	90	0.41	0.41

¹⁸ Tabla 17 de tasa de evaporación específica. Se considera una velocidad de corriente de aspiración de 0.3 m/s ya que no existe aspiración en ninguno de las tinas.

¹⁹ Se determina en la tabla 17 de tasa de evaporación específica, conociendo la temperatura y la velocidad de corriente de aspiración.

²⁰ Tasa de evaporación específica por la superficie del baño

²¹ Se determina con la tasa de evaporación específica y la densidad de la tina.

²² Se determina el arrastre específico a partir de los datos experimentales en función de la producción, donde se promedia el caudal en un día de trabajo, teniendo en cuenta en cada aforo el área superficial de las piezas y el período de arrastre.

²³ Se determina de acuerdo a la producción que llega a cada tina en un día, por medio del análisis de tiempos y movimientos para aplicarlo a la producción real (Ej. Se calcula el área y la cantidad de tornillos (0.0038m²), abrazaderas (0.085 m²), laminas (6.5 m²) y perfiles (2 m²), en la entrada de cada operación (se suma el área de lo que entra en cada tina), y se relaciona el área con la producción real).

²⁴ Se determina con el arrastre específico por la producción

²⁵ Es el arrastre por la densidad de la tina.

²⁶ En la tina de desengrase se toman dos evaporaciones, ya que la temperatura de la tina a 60°C solo dura el tiempo de trabajo (8horas) y en las 16 horas restantes, la tina se encuentra a temperatura ambiente(ya que se apaga la resistencia).

Enjuague D	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.0388	105.73	20	3.28	3.28
Neutralización 1	Ambiente	0.3	0.4	0.24	0.09	2.20	0.014	34.99	20	0.4	0.41
Neutralización 2	Ambiente	0.3	0.4	1.10	0.44	12.02	0.009	70.74	20	0.51	0.61
Bastidor zincado 1	Ambiente	0.3	0.4	5.15	2.06	59.28	0.004	25.4	20	0.08	0.10
Bastidor zincado 2	Ambiente	0.3	0.4	1.5	0.6	17.12	0.004	45.34	20	0.145	0.17
6 Tambores de zincado	Ambiente	0.3	0.4	0.98	0.39	11.13	0.079(L/tambor)	34.99 ²⁷	90	0.27	0.30
Enjuague E	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.004	105.73	90	0.04	0.04
Enjuague F	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.004	105.73	90	0.04	0.04
Enjuague G	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.004	105.73	20	0.34	0.34
Activado ácido nítrico	Ambiente	0.3	0.4	0.24	0.09	2.16	0.0048	105.73	20	0.40	0.40
Pasivado azul	Ambiente	0.3	0.4	0.24	0.09	2.20	0.0048	25.4	20	0.09	0.09
Enjuague H	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.0048	25.4	20	0.09	0.09
Pasivado Irisado	Ambiente	0.3	0.4	0.44	0.17	2.20	0.00483	64.87	20	0.25	0.25
Enjuague I	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.00483	64.87	20	0.25	0.25
Pasivado verde oliva	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.55	0.00483	15.46	20	0.05	0.06
Enjuague J	Ambiente	0.3	0.4	0.16	0.06	1.44	0.00483	15.46	20	0.05	0.05
Sellado ²⁸	43	0.3	1.62	0.28	0.45	3.6	0.01932	70.74	20	1.08	1.08
	Ambiente	0.3	0.4	0.28	0.11	1.76					

Fuente: Las autoras.

²⁷ $5.83 \text{ m}^2 / 6(\text{número de tambores}) = 34.99 \text{ m}^2$

²⁸ En la tina de sellado se toman dos evaporaciones, ya que la temperatura de la tina a 43°C solo dura el tiempo de trabajo (8horas) y las 16 horas restantes, la tina se encuentra a temperatura ambiente(ya que se apaga la resistencia).

ANEXO P.

PROPUESTA. DETERMINACIÓN DE ENTRADA DE AGUA
COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA.

Tina	Buenas Prácticas			Agua proveniente de la red (L)	Entrada de agua (Kg) ²⁹
	Agua proveniente del tratamiento (L)	Agua de recarga tina posterior			
		(L)	Proveniente de		
Gratado	-	-	-	8.75	8.75
Desengrase	-	44.9792	Enjuague 1	-	44.9792
Enjuague Estático 1	-	66.6152	Enjuague 2	-	66.6152
Enjuague Estático 2	91.8632	-	-	-	91.8632
Decapado	-	22.7352	Enjuague 1	-	22.7352
Enjuague Estático 1	-	47.0552	Enjuague 2	-	47.0552
Enjuague Estático 2	72.2712	-	-	-	72.2712
Enjuague Manual	-	-	-	149.45	149.45
Brillo Químico	-	-	-	-	-
Enjuague Estático 1	-	88	Enjuague 1	-	88
Enjuague Estático 2	109.704	-	-	-	109.704
Neutralizado	-	21.968	Enjuague 1	-	21.968
Anodizado	-	68.3793	Enjuague 1	-	68.3793
Enjuague Estático 1	-	111.9833	Enjuague 2	-	111.9833
Enjuague Estático 2	-	133.6193	Enjuague 3	-	133.6193
Enjuague Estático 3	158.8673	-	-	-	158.8673
Enjuague Manual	-	-	-	313.78	313.78
Coloreado	-	39.6825	Enjuague 1	-	39.6825
Enjuague Estático 1	-	61.1835	Enjuague 2	-	61.1835
Enjuague Estático 2	85.3515	-	-	-	85.3515
Enjuague Manual	-	-	-	194.79	149.79
Sellado	192	-	-	-	192
Secado	-	4	Sellado	-	4

Fuente: Las autoras

²⁹ Es la suma de la columna 2,3 y 5 por la densidad del agua.

PROPUESTA. DETERMINACIÓN DE ENTRADA DE MATERIA PRIMA
COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA.

OPERACIÓN UNITARIA	SUST. QUIMICA	Adquisición de materia prima(Kg)	Buenas Prácticas Devolución del electrolito		Consumo diario de sustancia química en cada tina (Kg/día)
			Porcentaje devuelto del arrastre(%)	(Kg)	
Desengrase	Desengrasante	11.242	4.3	0.0029	11.2448
Decapado	NaOH	5.683	4.3	0.00076	5.6838
Anodizado	H ₂ SO ₄	12.0565	17.3	0.01032	12.0669
Coloreado	Color	4.475	4.3	0.0012	4.476
	H ₂ C ₂ O ₄	0.554	4.3	0.00013	0.5541

Fuente: Las autoras.

ANEXO Q

PROPUESTA. MINIMIZACION DE RESIDUOS COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA.

Diseño de la unidad de tratamiento para los vertimientos generados por la planta de anodizado colombiana de aluminios Ltda.

1. *Objetivo*

El presente proyecto tiene como fin disminuir el caudal de agua y los residuos al reducir la concentración de los contaminantes aluminio y sólidos suspendidos de los vertimientos de la industria Colombiana de Aluminios, para dar cumplimiento con las normas establecidas por la autoridad ambiental, DAMA.

2. *Alcance*

Se definieron las unidades que componen la planta de tratamiento.

3. *Metodología*

El proceso que se recomienda implementar para la reducción de la carga contaminante presente en el vertimiento se resume a continuación.

3.1 Remoción de grasas y aceites

Con el fin de eliminar la grasa y/o el aceite que contienen las piezas de aluminio se diseñará una trampa de grasas constituida por un tanque dotado con baffles que inducen en el vertimiento un movimiento con flujo laminar, lo que permite la separación de las dos fases grasa – agua, por diferencia de densidades de los dos compuestos. La grasa y/o el aceite retenidos en la superficie del agua residual contenida en la trampa de grasas se removerá utilizando telas oleofílicas e hidrófobas, que pueden ser reutilizadas una vez son exprimidas después de saturarse.

3.2 Almacenamiento del agua residual cruda

Tras la remoción de la grasa y/o el aceite, el vertimiento se lleva a un tanque con una capacidad igual al volumen vertido en un día de trabajo normal en la planta de anodizado. Esto tiene como objeto lograr la homogeneización del agua residual, reduciendo los picos de concentración de aluminio, acidez y/o alcalinidad.

3.3 Remoción del ion aluminio

- Coagulación, floculación y sedimentación

El principal constituyente del vertimiento en una planta de anodizado es el ion aluminio, Al^{+3} , incorporado durante las operaciones de desengrase, decapado, neutralizado y anodizado. Para llevar a cabo la remoción de este contaminante se diseñará un clorifloculador por manto de lodos en el que se inducirá su coagulación, floculación y sedimentación acelerada, estabilizando el pH alrededor de 8,5 unidades e inyectando un espesante de lodos para mejorar sus características de sedimentabilidad.

- Filtración

El vertimiento termina su tratamiento atravesando dos filtros a presión de medio dual arena – antracita que funciona en paralelo y en los que son retenidos los coágulos remanentes a la sedimentación. Se diseñará una batería de dos filtros en paralelo con el fin de permitir que el agua filtrada por uno de ellos sea el medio de lavado del otro filtro una vez halla completado doce (12) horas de trabajo continuo. El uso de agua residual tratada en esta operación tiene como objeto evitar el uso de agua potable en el retrolavado de los filtros, lo que optimiza el recurso hídrico dentro del proceso productivo.

3.4 Almacenamiento del agua residual tratada

Una vez filtrado, el agua residual se conduce al tanque de almacenamiento de agua tratada con el fin de ser recirculado a los enjuagues del proceso productivo que lo genera. Con esto se cierra el ciclo del vertimiento en el proceso y se permite la reducción de agua potable hasta en un 80%³⁰.

3.5 Tratamiento de lodo

El lodo retirado de la unidad de tratamiento se dispondrá en sacos para efectuar el secado de estos. El agua residual proveniente de los sacos será recirculada al tanque de almacenamiento y el lodo seco se almacenará para posteriormente: ser vendido a otras industrias ó enviado a empresas destinadas al encapsulamiento de estos residuos para llevar a disposición final.

³⁰ MEDINA; URIBE E. La pequeña y mediana industria y su relación con las regulaciones y las instituciones ambientales en Colombia, Record Editores. 1995. p 63.

ANEXO Q

PROPUESTA. MINIMIZACION DE RESIDUOS ZN'S INVERSIONES SUAREZ Y RIOS LTDA.

Diseño de la unidad de tratamiento para los vertimientos generados por la planta de ZINCADO
ZN'S INVERSIONES SUAREZ Y RIOS Ltda.

1. Objetivo:

El presente proyecto tiene como fin disminuir el caudal de agua y los residuos al reducir la concentración de los contaminantes sólidos suspendidos, níquel, zinc, cadmio, cromo, cobre de los vertimientos de la industria Zn's Inversiones Suárez y Ríos, para dar cumplimiento con las normas establecidas por la autoridad ambiental, DAMA.

2. Alcance:

Se definieron las unidades que componen la planta de tratamiento.

3. Metodología:

El proceso que se recomienda implementar para la reducción de la carga contaminante presente en el vertimiento se resume a continuación.

3.1 Remoción de grasas y aceites

Con el fin de eliminar la grasa y/o el aceite que contienen las piezas de hierro se diseñará una trampa de grasas constituida por un tanque dotado con baffles que inducen en el vertimiento un movimiento con flujo laminar, lo que permite la separación de las dos fases grasa – agua, por diferencia de densidades de los dos compuestos. La grasa y/o el aceite retenidos en la superficie del agua residual contenida en la trampa de grasas se removerá utilizando telas oleofílicas e hidrófobas, que pueden ser reutilizadas una vez son exprimidas después de saturarse.

3.2 Almacenamiento del agua residual cruda

Después de la remoción de la grasa y/o el aceite, el vertimiento se lleva a un tanque con una capacidad igual al volumen vertido en un día de trabajo normal en la planta de zincado. Esto tiene como objeto lograr la homogeneización del agua residual, reduciendo los picos de concentración de cianuro, acidez y/o alcalinidad.

3.3 Oxidación de cianuro a $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ y reducción de Cr^{+6} a Cr^{+3}

El principal constituyente de estos vertimientos en una planta de zincado son el cianuro y el cromo hexavalente, incorporados durante las operaciones de neutralizado, zincado y pasivados. Para llevar a cabo la remoción de estos contaminantes, se diseñará un clorifloculador por manto de lodos en el que se dosificará: hipoclorito de sodio para oxidar el cianuro, ácido agotado de decapado para reducir el cromo VI, soda cáustica para elevar el pH hasta 8,0 unidades y por último un polímero para espesar el lodo.

3.4 Filtración

El vertimiento termina su tratamiento atravesando dos filtros a presión de medio dual arena – antracita que funciona en paralelo y en los que son retenidos los coágulos remanentes a la sedimentación. Se diseñará una batería de dos filtros en paralelo con el fin de permitir que el agua filtrada por uno de ellos sea el medio de lavado del otro filtro una vez halla completado doce (12) horas de trabajo continuo. El uso de agua residual tratada en esta operación tiene

como objeto evitar el uso de agua potable en el retrolavado de los filtros, lo que optimiza el recurso hídrico dentro del proceso productivo.

3.5 Almacenamiento del agua residual tratada

Una vez filtrado, el agua residual se conduce al tanque de almacenamiento de agua tratada con el fin de ser recirculado a los enjuagues del proceso productivo que lo genera. Con esto se cierra el ciclo del vertimiento en el proceso y se permite la reducción de agua potable hasta en un 80%³¹.

3.6 Tratamiento de lodo

El lodo retirado de la unidad de tratamiento se dispondrá en sacos para efectuar el secado de estos. El agua residual proveniente de los sacos será recirculada al tanque de almacenamiento y el lodo seco se almacenará para posteriormente: ser vendido a otras industrias ó enviado a empresas destinadas al encapsulamiento de estos residuos para llevar a disposición final.

³¹ MEDINA; URIBE E. La pequeña y mediana industria y su relación con las regulaciones y las instituciones ambientales en Colombia, Record Editores. 1995. p 63.

ANEXO R
PROPUESTA. GASTO MENSUAL
COLOMBIANA DE ALUMINIOS LTDA.

Gasto mensual del consumo de materias primas en el proceso

Sustancias químicas de proceso	Densidad (Kg/L)	Adquisición de materia prima diaria (Kg)	Adquisición de materia prima mensual (Kg)	Costo del reactivo (\$ /Forma de venta)	Gasto mensual (\$) 32
Desengrasante	1.00278	11.242	281.05	3200/1Kg	899360
Soda cáustica	2.13	5.683	142.075	1600/1Kg	227320
Ácido Fosfórico	1.65	26.024	650.6	1950/1Kg	1268670
Ácido Nítrico	1.4	2.6014	65.035	500/1Kg	32517.5
Ácido Sulfúrico	1.84	38.0805	952.01	380/1Kg	361763.8
Color	1.80	4.475	111.875	3500/1Kg	391562.5
Ácido Oxálico	1.04	0.554	13.85	2200/1Kg	30470
Pasta	-	0.48	12	5400/1Kg	64800
Total					\$3.211.663.8

Fuente: Las autoras.

Gasto mensual en el consumo de energía, agua en la industria

Servicios públicos en la industria	Consumo mensual	Costo del servicio (\$ /indicador)	Gasto mensual (\$)
Energía	1085 KW/h	177.3267	192339.46
Agua	16.669	2087.76	34801.39
Total			\$227140.85

Fuente: Las autoras.

Gasto mensual total en la industria.

Gastos	Gasto mensual (\$)
Sustancias químicas de proceso	3211663.8
Servicios públicos	227140.85
Otros	1.930.000
Total	5368804.65

Fuente: Las autoras.

32 Adquisición de materia prima mensual por el valor de cada K ilo. Columnas 4 y 5.

ANEXO R
PROPUESTA. GASTO MENSUAL
ZN'S INVERSIONES SUAREZ Y RIOS LTDA.

Sustancias químicas de proceso	Densidad (Kg/L)	Adquisición de materia prima diaria (Kg)	Adquisición de materia prima mensual (Kg)	Costo del reactivo (\$ /Forma de venta)	Gasto mensual (\$) ³³
Zinc metal	-	1.69	42.25	2900/1Kg	122550
Soda cáustica	2.13	7.51	187.75	1600/1Kg	300400
cianuro de sodio	1.65	5.34	133.5	2100/1Kg	280350
Ácido Sulfúrico	1.84	14.54	363.5	380/1Kg	138150
Ácido clorhídrico	1.16	11.52	288.1	2300/4L	142800
Desengrasante	1.00	5.62	140.47	3200/1Kg	449500
Abrillantador	1.31	9	225	5000/4L	214800
Purificador	1.07	0.88	22.5	5000/4L	26300
Ácido Nítrico	1.4	0.85	21.4	500/1Kg	10700
Pasivado azul	1.94	0.15	3.95	3200/1Kg	12600
Pasivado iris	1.66	1.09	27.4	2600/1Kg	71250
Pasivado verde oliva	1.40	0.23	5.75	7000/4L	7200
Total					\$1.776.600

Fuente: Las autoras.

Tabla 141. Gasto mensual del consumo de energía, agua y gas en la industria

Servicios públicos en la industria	Consumo mensual	Costo del servicio (\$ /indicador)	Gasto mensual (\$)
Energía	755 KW/h	177.3267	133881
Agua	12m ³ agua domestica + 7.7169 m ³ agua industrial	2087.76	41164.36
Gas	201 m ³	394.1	79214
Total			\$254259.36

Fuente: Las autoras.

Tabla 142. Gasto mensual total en la industria

Gastos	Gasto mensual (\$)
Sustancias químicas de proceso	1.776.600
Servicios públicos	254259
Otros	1.350.000
Total	3.380.859

Fuente: Las autoras.

³³ Se determina con el consumo de materia prima mensual y la densidad de la sustancia química, para determinarla de acuerdo a su venta en litros o kilos. (Ej. Soda cáustica tiene un consumo de 100 Kg mes y una densidad de 2.13 Kg/L por consiguiente son 46.95 L consumidos en el mes; la soda la venden a \$7750 en 4L por 46.95 L, por consiguiente en el mes hay un consumo de soda cáustica de \$ 90.965