



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación de las Principales Variables de Operación, en la Producción de Cloro mediante el uso de Membrana de Intercambio Iónico”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Mario Jorge Estela Torres

ASESOR

Ing. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Conservación y Manejo de la Biodiversidad

LIMA-PERU

2016-II

PAGINA DEL JURADO

Presidente

Secretario

Vocal

DEDICATORIA

Con amor y respeto dedico este trabajo siempre a Dios, Jesucristo, a mis padres, hermanos y amigos quienes están siempre animando y apoyando sabiendo que el esfuerzo trae consigo victoria.

AGRADECIMIENTO

¡Jesús dijo de gracias recibisteis de gracia también dad!

Este trabajo y en general, agradezco a Dios, Jesucristo mi Señor, fue mi soporte y guiador en todo momento, gracias

a mis padres por apoyo en toda circunstancia, gracias

a mis hermanas que las amo y admiro mucho, gracias

a mis amigos de quienes se aprende y se puede confiar, gracias

a los asesores quienes me apoyaron brindando su tiempo y esfuerzo sin condiciones, gracias.

“El principio de toda sabiduría es el temor a Dios”

Proverbios 9:10

Mario Jorge Estela Torres

DECLARATORIA DE AUTENSIDAD

Yo, Mario Jorge Estela Torres identificado con el DNI: 46485406, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, me presento con la tesis titulada “EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DE OPERACIÓN, EN LA PRODUCCIÓN DE CLORO MEDIANTE EL USO DE MEMBRANA DE INTERCAMBIO IÓNICO”, declaro bajo juramento que:

La tesis es de mi autoría y que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo declaro también, bajo juramento, que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 de diciembre de 2016.

.....

Mario Jorge Estela Torres

DNI: 46485406

PRESENTACION

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “EVALUACION DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DE OPERACIÓN, EN LA PRODUCCION DE CLORO MEDIANTE EL USO DE MEMBRANA DE INTERCAMBIO IONICO”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El Autor

Mario Jorge Estela Torres

ÍNDICE GENERAL

PAGINAS PRELIMINARES

PAGINA DEL JURADO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENSIDAD	iv
PRESENTACION	v
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Trabajos Previos.....	2
1.3. Teorías relacionadas al tema	3
1.4. Formulación del problema:	12
1.5. Justificación e importancia del estudio	13
1.6. Hipótesis.....	13
1.7. Objetivos	14
II. MÉTODO	14
2.1. Fases del Proceso de Investigación.....	14
2.3. Variable y definición operacional	24
2.4. Población y Muestra.....	25
2.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad	26
2.6. Métodos de análisis de datos	27
2.7. Aspectos éticos.....	29
III. RESULTADOS.....	30
IV. DISCUSIÓN	37
V. CONCLUSIÓN.....	38
VI. RECOMENDACIONES	39
VII. REFERENCIAS.....	40
ANEXOS: Anexo 1 Validación de Instrumentos	42
Anexo 2.....	43
Anexo 3.....	45
Anexo 4.....	48
Anexo 5.....	51

Anexo 6.....	55
--------------	----

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Esquema General del proceso.....	27
FIGURA N° 2: Placas con salidas y entradas de fluidos y Estructuras de acrílico con los electrodos de grafito.....	28
FIGURA N° 3: 02 Tanques, 04 jebes cortados y 01 membrana de intercambio iónico.....	28
FIGURA N° 4: Colocación de las piezas.....	29
FIGURA N° 5: Celda terminada.....	29
FIGURA N° 6: Celda terminada con la instalación de los tanques.....	30
FIGURA N° 7: Circulación de Agua des ionizada.....	30
FIGURA N° 8: Llenado de los tanques con agua des ionizada las disoluciones.....	31
FIGURA N° 9: Preparación del NaCl en el Tk1.....	32
FIGURA N° 10: Celda electrolítica activada:.....	32
FIGURA N° 11: Comprobación de los productos.....	33
FIGURA N° 12: Celda Electrolítica con Aire.....	34
FIGURA N° 13: Muestras recogidas del Tk2.....	35
FIGURA N° 14: Titulación ácido base.....	35

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Diseño de las muestras.....	31
TABLA N° 2: Tablas de tendencia de la conductividad por cada 10 minutos.....	34
TABLA N° 3: Operación de variables	36
TABLA N° 4: Tabla de recolección de datos	38
TABLA N° 5: Datos recogidos con Aire	41
TABLA N° 6: Datos totales con Aire	42
TABLA N° 7: Análisis de varianza	44
TABLA N° 8: Ajuste factorial.....	45
TABLA N° 9: Datos recogidos sin Aire	45
TABLA N° 10: Datos recogidos Sin Aire:.....	46
TABLA N° 11: Estadísticas de Resumen.....	46
TABLA N° 12: Comparación de medias (T-student).....	47
TABLA N° 13: Tabla de porcentajes.....	48

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N° 1: número de muestras según Minitab 17	40
GRAFICO N° 2: diseño del análisis factorial 2^k	40
GRAFICO N° 3: Estadísticos	41
GRAFICO N°4: Prueba de normalidad de los residuos del modelo factorial 2^2	44
GRAFICO N°5: Gráfico de cubos del modelo factorial 2^2	45

INDICE DE ECUACIONES

ECUACION N° 1: Disolución	16
ECUACION N° 2: Oxidación.....	16
ECUACION N° 3: Reducción.....	16
ECUACION N° 4: Reacción global	16
ECUACION N° 5: Potencial eléctrico disolución.....	17
ECUACION N° 6: Potencial eléctrico oxidación	17
ECUACION N° 7: Reducción del agua	17
ECUACION N° 8: oxidación del oxígeno	17
ECUACION N° 9: Modelo Aditivo Lineal.....	46

RESUMEN

En el presente trabajo se describe la influencia que tiene el voltaje sobre la producción de cloro utilizando una membrana para el intercambio iónico y aire en el cátodo para que con estas condiciones reducir el consumo de voltaje en la producción de Cloro. La experiencia se realizó implementando un diseño a pequeña escala, una celda electrolítica de tipo “Dry Cell” (diseño similar a un reactor de hidrogeno), diseño especial para hacer más eficiente la producción de cloro ya que en este tipo de diseños se colocan los electrodos lo más cerca posible y el flujo es directo. Se utilizó 20 gr y 40 gr de NaCl en los niveles bajo y alto respectivamente y 30gr NaCl en un nivel intermedio según el diseño estadístico, evaluados en un periodo de una (1) hora. Este método nos permitirá evaluar y observar el comportamiento del voltaje para producir cloro. Los resultados obtenidos muestran una reducción promedio del 13% del voltaje consumido, produciendo la misma cantidad de cloro que sin las condiciones establecidas en este trabajo. Finalmente, es posible reducir el voltaje utilizando membrana de intercambio iónico y aire - que en este caso es estadísticamente no significativa-, pero con modelos y condiciones más precisas se optimizarían aún más las posibilidades de reducción, demostrando así esta alternativa de mejorar las condiciones en los procesos industriales, que son problemas más cercanos y reales en nuestra sociedad.

Palabras claves: Electrólisis, Producción de Cloro, Voltaje

ABSTRACT

In the present work the influence of the voltage on the production of chlorine is described using a membrane for the ion exchange and air to depolarize cathode for itself to reduce the consumption of voltage in the production of Chlorine.

The experiment was carried out by implementing a small scale design, an electrolytic cell of the "Dry Cell" type (design similar to a hydrogen reactor), a special design to make chlorine production more efficient since in this type of designs the Electrodes as close as possible and the flow is direct. 20 gr and 40 g of NaCl were used in the low and high levels respectively and 30 g NaCl at an intermediate level according to the statistical design, evaluated in a period of one (1) hour. This method will allow us to evaluate and observe the behavior of the voltage to produce chlorine.

The results show an average reduction of 13% of the voltage consumed, producing the same amount of chlorine than without the conditions established in this work.

Finally, it is possible to reduce the voltage using ion exchange membrane and air - which in this case is statistically non-significant - but with more precise models and conditions the possibilities of reduction would be further optimized, thus demonstrating this alternative to improve conditions in The industrial processes, which are closer and real problems in our society.

Key words: Electrolysis, Chlorine production, Voltage