



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**“Remoción de Sólidos Totales Disueltos de aguas subterráneas mediante
el proceso de Electrodiálisis Reversible a nivel Laboratorio,
Ventanilla-Lima 2013-14”**

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

AUTOR:

Ganoza Condori, Milagros del Pilar

ASESOR:

Mag. Ing. Amancio Guzmán Rodríguez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ingeniería de Procesos Industriales

LIMA-PERU

2014

DEDICATORIA:

El presente trabajo se lo dedico principalmente a mis padres Pilar Condori y Ricardo Ganoza por ser mi apoyo incondicional en todo sentido y en todo momento. Todo lo que soy hasta ahora se lo debo a ellos; sé que mis logros son sus logros y mi felicidad es su felicidad.

A mis hermanos Alexander Tacilla, Pilar Tacilla y Mirella Ganoza quienes han sido el incentivo para la realización de este proyecto.

A mis sobrinos ahijados Carlos y Vera por ser el amor más bonito que tengo.

A mi familia en general por ser lo más importante, y ser mi respaldo en todo sentido y circunstancia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la oportunidad, la fortaleza, el entusiasmo y la capacidad para llegar a concluir esta meta.

A mis padres por su amor, por su dedicación, por su esfuerzo y apoyo incondicional, por los sabios consejos, por las enseñanzas, por las regañadas, por la paciencia y confianza que tuvieron hacia mí en toda la realización de este proyecto.

A mis hermanos por su apoyo moral, por su preocupación, por su incentivo, por su paciencia, por su buen humor y la confianza brindada para la culminación de esta Tesis.

A mi familia en general por su apoyo espiritual, moral y por incentivar me a concluir este logro.

A mi asesor Juan Taumaturgo Medina Collana el cuál con su experiencia científica, teórica y aportes demás ha sido imprescindible para la realización de este trabajo. También agradecerle por el apoyo brindado en la construcción del módulo de Electrodiálisis Reversible y en la experimentación del proceso.

A mi asesor Amancio Guzmán por sus aportes y consejos, los cuales han servido de mucho para la realización de esta Tesis.

Al joven Alonso Villafuerte por su colaboración y ayuda en la construcción y experimentación del proceso del Electrodiálisis Reversible a nivel laboratorio.

Al señor Gamaniel Rojas y familia por su interés y entusiasmo en la investigación, por abrirme las puertas de su hogar y brindarme apoyo en la toma de muestras de agua subterránea en el pozo ubicado en su domicilio.

Finalmente a mis compañeros de la Universidad por su preocupación y apoyo en la elaboración del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

CARÁTULA	
ÍNDICE	
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	2
FUNDAMENTO CIENTÍFICO.....	3
DEFINICIONES CIENTÍFICAS.....	19
JUSTIFICACIÓN.....	21
1.1. Problema.....	21
1.1.1. Realidad Problemática.....	21
1.1.2. Formulación del Problema.....	22
1.2. Hipótesis.....	23
1.2.1. Hipótesis General.....	23
1.2.2. Hipótesis Específicas.....	23
1.3. Objetivos.....	23
1.3.1. Objetivo General.....	23
1.3.2. Objetivo Específico.....	23
II. MARCO METODOLÓGICO	24
2.1. Variables.....	24
2.1.1. Variables Dependientes.....	24
2.1.2. Variables Independientes.....	24
2.2. Operacionalización de Variables.....	24
2.3. Metodología.....	25
2.3.1. Procedimiento de la Investigación.....	25
2.4. Tipo de Estudio.....	31
2.5. Diseño de Estudio.....	31
2.6. Población, muestra y muestreo.....	32
2.6.1. Población.....	32
2.6.2. Muestra.....	32
2.6.3. Muestreo.....	33
2.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.....	33
2.7.1. Técnicas.....	33
2.7.2. Instrumentos.....	33
2.8. Métodos de Análisis de datos.....	34
2.8.1. Fórmula para hallar la concentración de sólidos totales.....	34
2.8.2. Fórmula para hallar el porcentaje de Remoción.....	34
2.8.3. Prueba de Hipótesis.....	34
2.8.4. Validación de los resultados de Laboratorio Inicial.....	35
2.8.5. Validación de los resultados de Laboratorio Final.....	36
III. RESULTADOS	38
IV. DISCUSIÓN	44
V. CONCLUSIONES	51
VI. SUGERENCIAS	52
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
VIII. ANEXOS	55

LISTA DE ANEXOS

Anexo N°1 Ubicación del pozo de agua subterránea.....	55
Anexo N°2 Experimentación del proceso de Electrodiálisis Reversible.....	56
Anexo N°3 Proceso de Electrodiálisis Reversible.....	57
Anexo N°4 Recolección de muestras.....	58
Anexo N°5 Instrumentos de Recolección de Datos.....	59
Anexo N°6 Matriz de Consistencia.....	62
Anexo N°7 Análisis de Laboratorio Iniciales.....	63
Anexo N°8 Análisis de Laboratorio Finales.....	68

LISTA DE CUADROS

Cuadro N°1 Sustancias iónicas en el agua de mar	4
Cuadro N°2 Clasificación del agua.....	5
Cuadro N°3 LMP de sólidos totales disueltos.....	5
Cuadro N°4 Conductividad y Concentración de sólidos totales disueltos	6
Cuadro N°5 Tipos de agua	7
Cuadro N°6 Tecnologías de Desalinización.....	10
Cuadro N°7 Propiedades de las Membrana Catiónica y Aniónica.....	17
Cuadro N°8 Operacionalización de Variables.....	24
Cuadro N°9 Componentes del Pretratamiento.....	26
Cuadro N°10 Características de las Membranas de Intercambio.....	26
Cuadro N°11 Componentes de la Celda de Electrodiálisis Reversible.....	27
Cuadro N°12 Componentes del Proceso de Electrodiálisis Reversible.....	29
Cuadro N°13 Diseño Experimental Factorial a dos niveles 2^2	33

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1 Proceso de Desalinización General.....	9
Figura N°2 Principio del proceso de Electrodiálisis	11
Figura N°3 Proceso de Electrodiálisis Estándar	12
Figura N°4 : Proceso de Electrodiálisis Reversible con pretratamiento	13
Figura N°5 Celda del proceso de Electrodiálisis Reversible	14
Figura N°6 Membrana de intercambio Aniónico y Catiónico.....	16
Figura N°7 Celda de Electrodiálisis Reversible antes.....	18
Figura N°8 Celda de Electrodiálisis Reversible después.....	18
Figura N°9 Diagrama de Flujo del procedimiento de investigación.....	25
Figura N°10 Pretratamiento del Proceso.....	26
Figura N°11 Celda de Electrodiálisis Reversible a nivel Laboratorio.....	27
Figura N°12 Proceso de Electrodiálisis Reversible a nivel Laboratorio.....	28

RESUMEN

El objeto de la presente investigación fue la remoción de sólidos totales disueltos de aguas subterráneas contaminadas por intrusión marina mediante el proceso de Electrodiálisis Reversible a nivel laboratorio, Ventanilla –Lima, 2013-14. La hipótesis con la que se trabajó es: Los Sólidos Totales Disueltos en aguas subterráneas se remueven en un 70 % mediante el proceso de Electrodiálisis Reversible a nivel laboratorio.

Los resultados son: Se removió las concentraciones de Sólidos Totales Disueltos de aguas subterráneas, logrando un porcentaje del 80%. Los valores adecuados de los parámetros de operación con los que se trabajó son flujo 800ml/min y Potencial eléctrico 20V. Así mismo se supo que las concentraciones de sólidos totales disueltos antes del proceso de Electrodiálisis Reversible a nivel laboratorio son 4130, 4117, 4126 y 4109 ppm; de las cuales todas sobrepasan los LMP de la calidad de agua para consumo humano y las concentraciones de sólidos totales disueltos después del proceso son 2435, 2450, 2303,2305, 2190, 2205, 827 y 831 ppm; de las cuales solo las dos últimas concentraciones no sobrepasan los límites máximos permisibles de la calidad de agua para consumo humano.

Se sugiere realizar otras investigaciones sobre nuevas tecnologías amigables con el ambiente para la desalinización de aguas contaminadas por intrusión marina u otro tipo de contaminación, y de esta forma disminuir el consumo de agua que sobrepasa los Límites máximos permisibles causando daños a la salud de las poblaciones. Para lograr mejores porcentajes de remoción en el Proceso de Electrodiálisis Reversible a nivel laboratorio se debe trabajar con valores superiores a 800 ml/min para flujo y 20 V para potencial eléctrico. A su vez se sugiere que en nuestro país se haga un análisis costo beneficio de la aplicación del proceso de Electrodiálisis Reversible para mejorar el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de la calidad del agua para consumo humano y los estándares de Calidad Ambiental.

Palabras claves: Electrodiálisis, reversible y desalinización.

ABSTRACT

The purpose of this research was the removal of total dissolved solids of groundwater contaminated by seawater intrusion through the process of electro dialysis Reversible to laboratory level, Ventanilla-Lima, 2013-14. The hypothesis with which it was worked is: The total dissolved solids of groundwater are removed up to 70% through the laboratory level process of electro dialysis Reversible.

The results are: The concentration of total dissolved solids of groundwater was removed in a percentage of 80%. The values of Suitable operating parameters with which it was worked was 800ml/min of caudal and 20V of Electric Potential. Also it was revealed that the concentrations of total dissolved solids before process Reversible electro dialysis to laboratory level are 4130, 4117, 4126 and 4109 ppm; of which all concentrations exceed the maximum permissible limits of water quality for human consumption, and the concentrations of total dissolved solids after processing are 2435, 2450, 2303.2305, 2190, 2205, 827 and 831 ppm; of which only the latter two concentrations do not exceed the maximum permissible limits of water quality for human consumption.

It is suggested research on new environmentally friendly technologies for the desalination of groundwater contaminated by sea intrusion or other type of contamination, and thus reduce the consumption of water that exceeds the maximum permissible limits causing harm to the health of populations. For best removal percentages in the Reversible Process Electro dialysis to laboratory level be should work with higher values to 20 V of electric potential and 800ml/min of flow. Turn suggests that in our country be make a cost-benefit analysis of the implementation of the process Electro dialysis Reversible to improve compliance with maximum permissible limits of water quality for human consumption.

Keywords: Electro dialysis, reversible and desalination.