



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Programa Especial de Titulación

“Desarrollo de una planta automatizada de tratamiento de agua por osmosis inversa en apoyo a la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú”

Alberto León Richard Gustavo

**para optar el Título Profesional de Ingeniero
Electrónico**

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios, padres y hermana por confiar, creer y brindar una oportunidad más en el desarrollo profesional y motivar en el logro de los objetivos.

A profesores que guían y capacitan para afrontar nuevos retos y que son de ayuda constante en el desenvolvimiento profesional.

AGRADECIMIENTO

A las personas que demuestran su constante apoyo para crecer tanto en lo personal como en lo profesional.

A la institución UTP por ser parte del progreso profesional y de la investigación.

RESUMEN

En el Perú se presenta una inclinación ascendente la cantidad de pacientes con enfermedad renal crónica (ERC), pese a esto no se ha ampliado la oferta de centros nacionales de hemodiálisis, lo cual genera malestar entre los pacientes que deben realizar este tratamiento para suplir el mal funcionamiento de sus riñones, en este proyecto se realiza el desarrollo de una planta automatizada de tratamiento de agua por ósmosis inversa para proveer de agua pura a los equipos de diálisis.

Es un estudio de enfoque cuantitativo, nivel aplicativo de tipo prospectivo, transversal, analítico y que presenta intervención al realizar la creación de la planta que brinda servicios a los pacientes de ERC.

En el desarrollo de la planta se diseña y se implementa el chasis del equipo, para luego instalar el ablandador, filtros, lámpara UV para realizar la ósmosis inversa y también se implementa la automatización utilizando un PLC con interfaz gráfica HMI táctil el cual desarrolla una lógica de control. Como resultado de la implementación se mide la conductividad, presión, flujo, pH y temperatura del proceso, siendo este sistema controlado y manejado por el PLC, logrando así la purificación completa del agua cumpliendo con las normas AAMI 13959 previstos para la realización de la diálisis en el paciente.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
INDICE DE CONTENIDO	vi
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE TABLAS	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO 1	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Definición del Problema	1
1.1.1. Descripción del Problema	1
1.1.2. Formulación del Problema	2
1.1.2.1. Problema general	2
1.1.2.2. Problemas específicos	2
1.2. Definición de objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Alcance y limitaciones	4
1.3.1. Alcances	4
1.3.2. Limitaciones	4
1.4. Justificación	4
1.5. Estado del arte	5
CAPÍTULO 2	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes	10
2.1.1. Antecedentes nacionales	10
2.1.2. Antecedentes internacionales	11
2.2. Fundamento teórico.....	13
2.2.1. Control de sistema ON/OFF	13
2.2.2. PLC	15
2.2.2.1. PLC WECON	15
2.2.3. Pantalla HMI Táctil.....	20

2.2.3.1. Pantalla HMI WECON PI3970i	20
2.2.4. Modulo LX3V-2ADI-DB	22
2.2.4.1. Dimensiones del módulo	23
2.2.5. Modulo LX3V-4D	25
2.2.6. Fuente de alimentación MDR-60-40	27
2.2.7. Transductor de presión SUP-P300	29
2.2.8. Sensor de pH SUP-pH5019	30
2.2.9. Medidor de pH/ORP SUP-Ph6.0	31
2.2.10. Norma técnica de salud de la unidad productora de servicios de hemodiálisis en el Perú	34
2.2.11. Norma ANSI/AAMI/ISO 13959:2014.....	35
2.2.12. Norma UNE ISO 2350-2019	36
2.2.13. Norma AISI 316	36
2.2.14. Membrana de alto rechazo CSM RE4021-BE	36
2.2.15. Porta membrana SPV-4021-12	37
2.2.16. Portafiltro HF2-10WHWH12	38
2.2.17. Filtro de lecho mixto	39
2.2.18. Filtro de 5u SDC-25-1005	40
2.2.19. Filtro de carbón activado CB-25-1005	41
2.2.20. Lámpara UV de 2 GPM	41
2.2.21. Tanque Hidroneumático PRO-4000W-N-NST	42
2.2.22. Mini controlador de conductividad PSI-150	43
2.2.23. Ablandador de Agua	45
2.2.23.1. Válvula automática	45
2.2.24. Manómetro	46
2.2.24.1. Manómetro HYDRONIX	46
2.2.25. Flujómetro	47
2.2.25.1. Flujómetro de panel 0-2gpm	47
2.2.26. Válvula de agua KTN 11.11	48
2.2.27. Electroválvula o válvula solenoide	49
2.2.27.1. Electroválvula NPT ½"	49
2.2.28. Bomba de alta presión	50
2.2.29. Osmosis inversa	51
2.3. Marco Metodológico	52
CAPÍTULO 3	56
DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	56

3.1. Implementación del prototipo osmosis portátil inversa.....	56
3.1.1. Chasis del equipo	57
3.1.2. Trabajando con la membrana de alto rechazo para osmosis inversa	58
3.1.3. Trabajando con la Porta membrana	59
3.1.4. Trabajando con el Porta filtro	60
3.1.5. Trabajando con los Filtros del sistema	60
3.1.6. Trabajando con la Lámpara UV 2GPM 16W	61
3.1.7. Trabajando con el Tanque Hidroneumático	61
3.1.8. Trabajando con el ablandador de agua.....	62
3.1.9. Procedimiento de la implementación	63
3.1.10. Diagrama pictórico final del osmosis inversa mecánico – hidráulico	69
3.2. Utilizar los sensores, transductores y actuadores para transmitir y controlar los parámetros del agua	70
3.2.1. Diagrama de ubicación de los sensores, transductores y actuadores	76
3.3. Programación del PLC en lenguaje Ladder.....	77
3.3.1. Diagrama en bloques del sistema automatizado	77
3.3.2. Validación del sistema	78
3.3.3. Diagrama pictórico de la automatización	79
3.3.4. Diseño en AutoCAD del plano de control del PLC	80
3.3.5. Elección del PLC para la automatización	80
3.3.6. Implementación del PLC en tablero electrónico	82
3.3.7. Configuración del código en Ladder	86
3.4. Diseño del sistema de control digital mediante la pantalla HMI táctil	94
3.4.1. Elección del HMI para la programación	94
3.4.2. Desarrollo de la interfaz grafica	96
CAPITULO 4	101
RESULTADOS	101
4.1. Análisis de resultados	101
4.2. Pruebas.....	106
4.2.1. Pruebas del equipo físico terminado	106
4.2.2. Pruebas con el simulador	108
4.2.3. Pruebas con el paciente	112
4.3. Análisis de costos y presupuestos	115
4.3.1. Análisis de presupuesto	115
4.3.2. Análisis de costos	118
4.4. Análisis comparativo de valor de cada parámetro del equipo.....	120

CONCLUSIONES.....	122
RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFÍA.....	125
ANEXOS.....	137

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Control ON/OFF de lazo cerrado.....	14
Figura 2. Esquema que representa 2 posiciones del controlador.....	14
Figura 3. Señal duplicada entrada de pulso.....	16
Figura 4. Señal Cuadruplicada entrada de pulso.....	17
Figura 5. Señal acelerada y desacelerada en el tiempo.....	17
Figura 6. Ventana de configuración de contraseñas del sistema.....	19
Figura 7. Frontal y posterior del HMI WECON PI3070i.....	22
Figura 8. Circuito interno del LX3V-2ADI-BD.....	22
Figura 9. Rango de la señal digital vs la señal analógica.....	23
Figura 10. Señal digital vs la señal analógica por 8 y en adición 4000.....	23
Figura 11. Dimensiones del módulo LX3V-2ADI-DB.....	24
Figura 12. Circuito interno del módulo LX3V-4AD.....	26
Figura 13. Rango de valores del módulo LX3V-4AD según su entrada.....	26
Figura 14. Diseño circuital del MDR-60-24.....	27
Figura 15. Curva de reducción del MDR-60.....	28
Figura 16. Reducción de potencia de salida vs Voltaje de entrada del MDR-60.....	28
Figura 17. Modelos de SUP-P300.....	30
Figura 18. pH-metro SUP-pH5019.....	31
Figura 19. Características del panel frontal del pH/ORP SUP-ph6.0.....	33
Figura 20. Calibración del pH/ORP SUP-ph6.0.....	33
Figura 21. Calibración de 2 puntos con base en el punto 0 (pH7) del SUP-ph6.0.....	34
Figura 22. Normas internacionales sobre el tratamiento del agua.....	35
Figura 23. Acero AISI 316 equivalencia con normas.....	36
Figura 24. Medidas de la membrana CSM RE4021-BE.....	37
Figura 25. Dimensiones y partes de la porta membrana SPV-4021-12.....	38
Figura 26. Especificación del filtro según nomenclatura.....	39
Figura 27. Intercambio iónico catiónica y aniónica.....	40
Figura 28. Eficiencia del filtro SDC-25-1005.....	40
Figura 29. Eficiencia del filtro CB-25-1005.....	41
Figura 30. Dimensiones del equipo UV según su potencia y su gpm.....	42
Figura 31. Estructura interna del tanque hidroneumático PRO-4000W-N-NST.....	43
Figura 32. Modelo frontal y central del manómetro HYDRONIX.....	46
Figura 33. Ecuaciones del funcionamiento del flujómetro.....	47
Figura 34. Modelos de flujómetro de HYDRONIX.....	48

Figura 35. Válvula de aguja KTN 11.11	48
Figura 36. Funcionamiento de válvula solenoide cerrada y abierta.....	49
Figura 37. Electroválvula NPT 220VAC.....	50
Figura 38. Permeado eficaz en los tipos de filtración.....	51
Figura 39. Etapas de ejecución de la metodología	53
Figura 40. Diagrama unifilar del prototipo de osmosis portátil inversa	56
Figura 41. Chasis del equipo de osmosis portátil inversa	58
Figura 42. Membrana y porta membrana en proceso de ensamblaje	59
Figura 43. Porta filtro color blanco para ensamblarlo con el lecho mixto	60
Figura 44. Lámpara UV 2GPM 16W ensamblada en el sistema	61
Figura 45. Tanque hidroneumático HIDROTEK.....	62
Figura 46. Ablandador de agua puesta al chasis	63
Figura 47. Chasis de acero sin la membrana	64
Figura 48. Válvula de aguja de ½”	64
Figura 49. Llenado del tanque hidroneumático	64
Figura 50. Manómetros y flujómetros empotrados	65
Figura 51. Ajuste de la tapa de la membrana.....	65
Figura 52. Colocación de los filtros de carbón y sedimento.....	65
Figura 53. Membrana puesta en el Chasis.....	66
Figura 54. Colocación de manguera para prueba	66
Figura 55. Lámpara UV empotrada.....	67
Figura 56. Parte frontal terminada	67
Figura 57. Filtro de pulidor mixto terminado	67
Figura 58. Filtro de carbón y 5 micras terminado	68
Figura 59. Ablandador terminado.....	68
Figura 60. Salida lateral del permeado y concentrado terminado.....	68
Figura 61. Diagrama pictórico final del osmosis inverso mecánico – hidráulico.....	70
Figura 62. Diagrama de ubicación de sensores y transductores	76
Figura 63. Diagrama en bloques del sistema de osmosis inversa automatizada	78
Figura 64. Validación del sistema de osmosis inversa automatizada.....	78
Figura 65. Diagrama pictórico de la osmosis inversa automatizada con PLC.....	79
Figura 66. Diseño en AutoCAD del plano de control del PLC.....	80
Figura 67. Interruptores y fuente de conversión a 24 v DC.....	83
Figura 68. Contactor y relé térmico vinculados	83
Figura 69. PLC y EXP 4AI conectados	84
Figura 70. Borneras para el orden	84

Figura 71. Tablero parte frontal.....	85
Figura 72. Tablero parte posterior de la puerta	85
Figura 73. Esquema puertos de salida y entrada del PLC.....	86
Figura 74. Registro de secuencia del código del PLC.....	87
Figura 75. Programación de la conductividad	87
Figura 76. Programación de la presión 1	88
Figura 77. Programación de la presión 2.....	88
Figura 78. Programación de la presión 3.....	89
Figura 79. Inicialización del equipo y para de emergencia	89
Figura 80. Ingreso principal del agua.....	90
Figura 81. Comparador de presión de servicio.....	90
Figura 82. Control de Bomba de servicio.....	90
Figura 83. Programación del Fluviómetro.....	91
Figura 84. Comunicación MODBUS RTU PLC Maestro/Esclavo	92
Figura 85. Lectura del valor del pH en dirección hexadecimal.....	92
Figura 86. Lectura del valor de temperatura en dirección hexadecimal	93
Figura 87. Diagrama pictórico del diseño de la pantalla HMI.....	94
Figura 88. Registro de secuencia de la pantalla HMI.....	96
Figura 89. Inicialización de la pantalla HMI	97
Figura 90. Parámetros de operación en la pantalla HMI	98
Figura 91. Tendencias de señales de presión.....	98
Figura 92. Presión de servicio en el HMI	99
Figura 93. Flujo de servicio en el HMI	99
Figura 94. Nivel de pH en el HMI	100
Figura 95. Reporte del HMI de los sensores y transductores	100
Figura 96. Equipo PLC terminado parte frontal	106
Figura 97. Equipo de Osmosis portátil vista frontal	107
Figura 98. Simulación del HMI con el PLC	108
Figura 99. Simulación de la pantalla del sensor pH	109
Figura 100. Simulación de la pantalla HMI en valor inicial.....	109
Figura 101. Sensor de pH puesto en funcionamiento	110
Figura 102. Valor del sensor de pH en tiempo real	110
Figura 103. Valor en simultáneo con la pantalla HMI.....	110
Figura 104. PLC interactuando con el HMI.....	111
Figura 105. Equipo terminado e implementado de Osmosis Inversa	111
Figura 106. Equipo de Osmosis acondicionado para funcionamiento	112

Figura 107. Equipo de Hemodiálisis y Osmosis portátil interconectados	112
Figura 108. Pantalla táctil del equipo de Hemodiálisis en funcionamiento	113
Figura 109. Pantalla táctil del equipo del Osmosis en funcionamiento.....	113
Figura 110. Configuración de parámetros en tiempo real	114
Figura 111. Descarga de reporte en tiempo real.....	114
Figura 112. Personal a cargo con los protocolos de seguridad	115
Figura 113. Grafica lineal de cantidad de equipos vs precio por cantidad	120
Figura 114. Comparación de valores de salida de los equipos.....	121
Figura 115. Toma de muestras del producto del agua.....	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones Técnicas del PLC WECON.....	19
Tabla 2. Especificaciones Técnicas del HMI WECON	21
Tabla 3. Especificaciones Técnicas del Módulo LX3V-2ADI-DB	24
Tabla 4. Especificaciones Técnicas del Transductor SUP-P300	29
Tabla 5. Especificaciones Técnicas del SUP-pH5019	31
Tabla 6. Especificaciones Técnicas del pH/ORP SUP-Ph6.0.....	32
Tabla 7. Especificaciones Técnicas del Controlador de conductividad PSI-150.....	44
Tabla 8. Especificaciones Técnicas de la Bomba de Alta Presión	50
Tabla 9. Sensor de pH SUP-Ph6.0	71
Tabla 10. Sensor de pH pHORP pHmeter Huandian	71
Tabla 11. Sensor de pH pHmetro Hanna.....	72
Tabla 12. Mini Controlador de Conductividad En Línea HM DIGITAL.....	73
Tabla 13. Mini Controlador de Conductividad Eléctrica Hanna.....	73
Tabla 14. Sensor de conductividad LX100CTP	73
Tabla 15. Características del Transductor de Presión SUP P300	74
Tabla 16. Características del Transductor de Presión TS200.....	75
Tabla 17. Características del Transductor de Presión GPT200.....	75
Tabla 18. PLC WECON LX2E.....	81
Tabla 19. PLC Schneider M221 Rele Compact.....	81
Tabla 20. PLC Siemens S7	82
Tabla 21. PI 3070i	95
Tabla 22. HMI Schneider Magelis Hmistu 655	95
Tabla 23. Pantalla táctil HMI Siemens de 7in	96
Tabla 24. Cuadro Estadístico I Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa.....	101
Tabla 25. Cuadro Estadístico II Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa	102
Tabla 26. Cuadro Porcentaje I Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa	102
Tabla 27. Cuadro Porcentaje II Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa	103
Tabla 28. Cuadro Estadístico III Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa....	103
Tabla 29. Cuadro Estadístico IV Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa	104
Tabla 30. Cuadro Porcentaje III Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa	104
Tabla 31. Cuadro Porcentaje IV Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa	105
Tabla 32. Resultado Finales del Porcentaje de Incremento Total	105

Tabla 33. Accesorios y Componentes de Implementación de la Osmosis Inversa	116
Tabla 34. Accesorios y Componentes para la Implementación de la Automatización	117
Tabla 35. Estimación de Adquisición de Equipos por Cantidad.....	119
Tabla 36. Comparación de Valores de los Equipos de Osmosis Inversa	120

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se estima que el 9.1% de la población tiene una ERC (Bikbov, et al., 2020), frente a este hecho, Rusia desarrollo un prototipo de riñón portátil para pacientes de ERC, este diseño fue creada en la Universidad Medica de Séchenov, cuyo propósito es administrar la solución para diálisis y puede ser controlado por celular mejorando la eficacia de la filtración de la sangre (Emol, 2019), en España se controla continuamente la dureza que posee el agua, la conductividad y el contenido del cloro y mediante un sistema de control de la planta de tratamiento de agua bajo la norma sobre la calidad del agua ANSI/AAMI/ISO 13959:2014 (Pérez, 2020).

Lamentablemente en Colombia no hay cobertura para todos los pacientes de ERC por su déficit gubernamental y su tratamiento en el sistema de agua purificada en la hemodiálisis es aceptable pero presentando los inconvenientes en la medición del agua ultra pura (Lopera, 2016) y en Venezuela la crisis política y el estado de emergencia sanitario, imposibilitan el pase a pacientes con ERC a ciudades de Venezuela que cuentan con los equipos de hemodiálisis, para un equipo de hemodiálisis hay cincuenta pacientes en su espera (Leon, 2020), mientras que en el Perú este porcentaje estaría llegando al 15% y no se habría incrementado la cantidad de centros que brindan hemodiálisis, siendo este de un número de 74 centros desde el 2016 lo cual es contradictorio pues se aprecia un incremento de en la proporción de pacientes con ERC (Herrera, al et. 2019).

En el Perú, se reportan casos de malos manejos e infraestructura insuficiente para el almacenaje de insumos relacionados a la hemodiálisis en los que, durante la pandemia de coronavirus, se encontraron insumos para diálisis junto a cadáveres de covid-19 (Órgano de Control Institucional, 2020), también se encontró que “...se necesitan al menos 300 centros [de diálisis] más de manera descentralizada” (Loza, 2017).

Si bien es cierto, existen diferentes marcas y modelos de planta de tratamiento de agua por osmosis inversa portátil, que son buenos o regulares dependiendo de la marca, en los centros de salud pública, los doctores se ven obligados a cancelar citas a pacientes, generando en los pacientes optar por ir a clínicas locales costosas. Se desarrolla una planta automatizada de tratamiento de agua por ósmosis inversa, portátil y controlada por PLC con interfaz gráfica HMI táctil, la cual cuenta con sensores y transductores que permiten, en tiempo real, medir las características de los insumos, del proceso y del resultado, logrando así obtener la pureza del agua indicada para una correcta hemodiálisis de los pacientes con ERC.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1. Definición del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

Para una correcta hemodiálisis, se necesita del suministro de agua ultra pura, bajo los parámetros de ESSALUD, sin embargo, en los hospitales nacionales del Perú, los equipos de osmosis inversa presentan daños y deterioro por el uso continuo, generando así mal control de la purificación del agua y a su vez perjudicando a los pacientes de ECR tanto en su atención por día, como malestar en su organismo.

La enfermedad renal crónica alcanza un deterioro en el organismo del 50% de personas que adolecen esta enfermedad. (Ramos, et al., 2021). Entonces para ello se necesita del tratamiento de esta enfermedad por la hemodiálisis, la cual consiste en filtrar los desperdicios alojados en la sangre y que no pueden ser expulsados por los riñones por no estar funcionando adecuadamente (Mayo Clinic, 2019).

Algunas complicaciones que se pueden presentar por un inadecuado tratamiento del líquido de agua ultra pura son: exceso de agua dura, así como infecciones por bacterias, también son posibles las contaminaciones por elementos o compuestos, por ejemplo, la contaminación por aluminio que puede desencadenar una encefalopatía u osteomalacia y contaminación por cloraminas que provocan anemia (Pérez y Rodríguez, 2020).

Para la prevención de estos sucesos se desarrolla una planta agua ultra pura portátil la cual se obtiene mediante el proceso de la ósmosis inversa, este procedimiento consiste en el desplazamiento de una solución concentrada mediante una membrana semi permeable hacia una solución diluida aplicando presión a la solución concentrada (Rivas, 2019), y se automatiza para controlar los filtros y cantidad de impurezas mediante sensores y transductores estratégicamente colocados dentro del sistema.

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1. Problema general

¿Permitirá el desarrollo de una planta automatizada de tratamiento de agua por ósmosis inversa apoyar en la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú?

1.1.2.2. Problemas específicos

¿Permitirá la implementación de un prototipo de osmosis portátil inversa, desarrollar un sistema electrónico de control de agua en la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú?

¿Permitirá el uso de sensores y actuadores en una planta automatizada de tratamiento de agua por ósmosis inversa transmitir y controlar los parámetros de agua ultra pura en la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú?

¿Permitirá la programación del PLC en una planta de tratamiento de agua por ósmosis inversa automatizar el proceso del agua en la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú?

¿Permitirá el diseño de un sistema de control digital HMI táctil controlar y registrar el proceso de filtración del agua en la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú?

1.2. Definición de objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar una planta automatizada de tratamiento de agua por ósmosis inversa en apoyo a los pacientes de enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú.

1.2.2. Objetivos específicos

Implementar un prototipo de osmosis portátil inversa con la finalidad de desarrollar un sistema electrónico de control de agua en la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú.

Utilizar sensores y actuadores en una planta automatizada de tratamiento de agua por ósmosis inversa para transmitir y controlar los parámetros de agua ultra pura en la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú.

Programar un PLC en una planta de tratamiento de agua por ósmosis inversa con el objetivo de automatizar el proceso del agua en la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú.

Diseñar un sistema de control digital HMI táctil para controlar y registrar el proceso de filtración del agua en la hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica en Hospitales Nacionales del Perú.

1.3. Alcance y limitaciones

1.3.1. Alcances

Se desarrolla una planta portátil de osmosis inversa en los hospitales nacionales del Perú en el presente año 2021, este equipo produce agua ultra pura donde se puede atender a 6 pacientes de enfermedad renal crónica por día. El presente proyecto llega a cumplir con todos los parámetros predeterminados por la norma ANSI/AAMI/ISO 13959:2014. Este proyecto llega a medir valores de presión, temperatura, ph, conductividad, flujo de manera digital y análoga.

1.3.2. Limitaciones

Este proyecto tiene como principal limitación el estado de emergencia que es producido por la COVID-19, lo cual limitó la adquisición de recursos y el traslado del equipo para la obtención de las muestras correspondientes, los componentes fueron comprados en el Perú sin embargo no se pudo obtener el sensor de flujo debido a su baja demanda. Por su portabilidad y características del equipo, solo se producirá 1.5 litros por minuto, lo que llegará a dializar a 2 pacientes en simultaneo. El peso del equipo al final del proyecto es de 140 Kilos lo que a pesar de su portabilidad, debe de tener una movilidad especial para su traslado a los hospitales nacionales.

1.4. Justificación

Se justifica económicamente pues el desarrollo de este proyecto es de menor costo a comparación con equipos similares ya existentes en el mercado lo cual permitiría que se adquiriera un mayor número de osmosis portátil automatizada para suplir la demanda de un creciente número de pacientes con enfermedad renal crónica.

El atenuar el sufrimiento y prevenir los riesgos que pueden padecer los pacientes justifican el desarrollo de este proyecto más aún cuando esta solución permitirá restituir

en parte la mejora del organismo de las personas que adolecen la enfermedad renal crónica.

Tiene justificación medio ambiental ya que no emite contaminación al medio ambiente, los componentes utilizados son reciclables y el producto final del equipo es la emisión de un agua purificada libre de contaminantes.

Tiene una justificación tecnológica porque es un sistema electrónico digital enfocado a la medicina, como el PLC y la interfaz gráfica desarrollada en plataformas informáticas actuales e incentiva a la creación de proyectos electrónicos que aporten a la medicina.

Tiene una justificación teórica porque se realizó con la finalidad de contribuir al conocimiento ya existente sobre equipos de osmosis inversa automatizada, de esta manera los resultados obtenidos puedan ser usados para generar una propuesta solución dentro de los hospitales nacionales.

1.5. Estado del arte

Los investigadores tanto nacionales como internacionales buscan darle solución a la información inexacta del tratamiento de agua pura mediante membranas, parámetros y sensores automatizados que lleven a la identificación del problema, minimizando costos de producción del agua pura y tiempo que toma el proceso acorde con las políticas establecidas en cada país sobre el tratamiento del agua pura.

De acuerdo con los autores Rodríguez et al. (2019), donde tuvieron como objetivo implementar una integración y sincronización mediante un sistema SCADA de un desarrollo de salinización a través de un software MOVICON 11.5, el cual supervisa, genera alarmas, crea reportes sobre posibles fallos y mantenimientos predictivos, lo cual genero una mayor eficiencia en la gestión del proceso y se incorporó una interfaz de aplicación para la gestión remota de la planta, este sistema SCADA ordena y monitorea

el proceso vía remoto, mejorando la supervisión que debe tener este tipo de sistemas y llevando un balance y diagnóstico a través de gráficas con posibles errores en ciertos puntos del sistema.

De acuerdo con los autores Charris y Guerra (2018), donde su objetivo fue diseñar y construir una fuente automatizada de tratamiento de agua de pozo a través de la metodología de la osmosis inversa, usando una membrana de VONTRON 4040 con un permeado de capacidad de 0,5m³/h y con la ayuda del PLC que recibe las señales de nivel y presión y a la vez efectuando los retro lavados de los filtros, gracias al uso del PLC se controla todas las bombas y las electroválvulas que permite manejar los procesos del tratamiento del agua.

De acuerdo con los autores Dévora et al. (2016), cuyo objetivo fue diseñar un prototipo de simulación mediante el MATLAB R2009A, con el Simulink, donde el sistema predice el comportamiento de la planta desaladora, aprovechando la fluidez del agua que se rechaza y generando 42 000 mg/l siendo el rango máximo que se permite en la membrana que se usa en la planta, las características de la membrana hacen posible generar mayor agua potable que las convencionales, este proyecto de simulación, tiene los parámetros necesarios para su implementación, sin embargo el costo es alto para su implementación, no por el programa sino por los materiales que se necesitan para su desarrollo.

De acuerdo con el autor Rojas (2016), cuyo objetivo fue diseñar controladores PID-MIGO en Matlab/Simulink que mejora la disminución de la perturbación que está sujeta a las limitaciones sobre la robustez, generando pruebas de sensibilidad de los controladores en cambios de la calidad y cantidad del permeado, presencia de perturbación y ruido, donde se comprobó una mejora en el desempeño y desenvolvimiento a comparación de los controladores convencionales.

De acuerdo con Mendoza (2016), cuyo objetivo fue implementar una fuente piloto de desalinización mediante la osmosis inversa en uno de las áreas de la PUCP, se demostró con esta planta una reducción de tiempo de 33% en relación al PI separado en el manejo de la variable con respecto a la conductividad y un 52% en la disminución del índice IAE, además de incorporar una interfaz gráfica para su interacción, se podría obtener una mayor precisión comparando el desempeño del sistema del control frente a otras técnicas de control de acuerdo con la literatura del sistema.

De acuerdo con el autor Villamonte (2018), que tuvo como objetivo desarrollar un sistema automático para la producción y manejo de agua por osmosis inversa supervisado a distancia, genero una alta eficiencia y estabilidad en las desviaciones del PH y TDS para ser modificado de manera automática mejorando el tiempo de proceso y un ahorro económico de S/. 20,160.00 soles por año, mediante el PLC, el módulo de mensajería CP1242-7 y una antena omnidireccional.

De acuerdo con el autor Ugarte (2016), cuyo objetivo fue desarrollar un controlador inteligente para un sistema de osmosis inversa mediante una representación matemática y puesta en implementación con el PLC ControlLogix5000 de Allen Bradley, logrando obtener un sobre impulso del controlador de 0.45%, a comparación del clásico de un 10.4% con una perturbación de presión de 100psi, que se logra estabilizar el flujo en 0.5 min a comparación del clásico de 1.5min.

De acuerdo con el autor Mendoza (2016), cuyo objetivo fue implementar una fuente piloto de desalinización mediante la osmosis inversa en uno de las áreas de la PUCP, se demostró con esta planta una reducción de tiempo de 33% en relación al PI separado en el manejo de la variable con respecto a la conductividad y un 52% en la disminución del índice IAE, además de incorporar una interfaz gráfica para su interacción.

De acuerdo con el autor Claudio (2018), cuyo objetivo fue diseñar un modelo funcional que se basaba en la osmosis inversa, el autor acopló un sistema de medición de conductividad, presión y radiación solar y un sistema fotovoltaico, obteniendo de 0.5 a 1m³/día y cumpliendo con el permeado según las normas mexicanas NOM-SSA1-127-1994, generando un excelente desempeño en el precio del agua permeada, así como un buen costo de construcción del prototipo.

De acuerdo con el autor Torres (2016), cuyo objetivo fue investigar la aplicación de un proyecto de mantenimiento preventivo en el sistema de agua y su mejora en la calidad de agua en el laboratorio Pharmadix, se estableció mediante un sistema de osmosis inversa, que el consumo del agua es de 0.3 dólares a comparación de plantas antiguas AW-EWPT de 0.9 dólares, donde se ahorra un 60% de costo operativo, mediante un esquema inteligente de planta en movimiento, se concluyó que el agua permeada y purificada tiene una eficiencia de un 98%, con un ph del 18% y un 90% de conductividad.

De acuerdo con el autor Cortijo (2016), cuyo objetivo fue establecer mediante su proyecto que se puede obtener agua potable para el consumo humano bajo el D.S. 031-2010-SA, usando la automatización del PLC y con parámetros de operación de los equipos de UF y RO, así como presión, conductividad, de esta manera mejorar el mantenimiento preventivo y correctivo para reducir tiempos de parada en la planta, generando satisfacción por parte de los clientes y usuarios finales.

De acuerdo con el autor Sauchelli (2019), cuyo objetivo fue determinar que las membranas TFC son mejores a comparación con las membranas CTA, en su estudio realizado para obtener mayor permeabilidad, dando como resultado un flujo de agua mejorada superando fácilmente los 20 L m⁻² h⁻¹ y con un aumento notable de 3 veces más en la selectividad.

De acuerdo con el autor Mamo (2018), cuyo objetivo fue establecer mediante un estudio las diferencias entre las membranas RO y NF, se demostró que la membrana RO muestra una eliminación casi completa de un 99%, mientras que la membrana NF muestra una eliminación casi completa de un 90%, concluyendo que la membrana RO tiene una mejor permeabilidad y mayor eficiencia para la filtración del agua.

Se determina que, de acuerdo con los autores, dependiendo de la filtración, permeado y la cantidad de agua por minuto se debe elegir las características necesarias de la membrana a emplear, sobre el diseño y la implementación de planta de agua por osmosis, se debe considerar los parámetros de la descontaminación del agua según su uso como el TDS, el cloro, el zinc, etc., y que este asociado con los parámetros legales permitidos dentro del País.

En el uso de las tecnologías para la automatización, los autores optan por el PLC por su diseño, interfaz y fácil empotramiento en sistemas de estas características. Por último, todos los autores concuerdan que una implementación de automatización en los sistemas de tratamiento de agua, eleva la eficiencia y eficacia del producto, así como también disminuye riesgo en la contaminación del agua y es rentable para su implementación.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes nacionales

En el trabajo desarrollado por Toro (2020), cuyo título es “automatización y modernización al sistema de sanitización de la planta de tratamiento de agua de la unidad de hemodiálisis hospital C.A.S.E. ESSALUD”. Universidad Católica de Santa María - Arequipa, Perú. Tuvo como objetivo diseñar, modernizar, implementar y poner en marcha de un sistema automático industrial aplicado al proceso de sanitización de la planta de tratamiento de agua del servicio de hemodiálisis del hospital C.A.S.E. ESSALUD, la metodología empleada se dio mediante una función de transferencia del análisis de la planta, la implementación del PLC siemens, HMI, actuadores y sensores electrónicos para controlar las etapas del proceso, donde todo el sistema es supervisado y controlado por el HMI modificando o introduciendo tiempos en reposo, en enjuague, en recirculación con un Ph óptimo, y se llegaron a las siguientes conclusiones donde el sistema planteado fue validado, probado y culminado exitosamente, se mejoró la calidad del agua mediante el proceso de desinfección periódica y continua, se desarrolló la interfaz humano maquina donde el operario configura y modifica parámetros del proceso y finalmente los resultados bacteriológicos y fisicoquímicos medidos del agua fueron los óptimos para el proceso de hemodiálisis.

En el trabajo desarrollado por Ampuero (2019), cuyo título es “diseño de un controlador difuso sintonizado con computación evolutiva para una planta de desalinización de agua de mar por ósmosis inversa”. Universidad nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. Tuvo como objetivo diseñar un controlador utilizando lógica difusa y sintonizándolo con computación evolutiva para un equipo de osmosis inversa de una planta de desalinización de agua de mar, la metodología empleada fue la utilización del MATLAB R2017b a través del SIMULINK que acopla un modelo matemático de una planta piloto en el laboratorio R&D, se toman como indicadores de entrada las variables de presión del agua y del Ph, y variable de salida el flujo del permeado con la conductividad del permeado. Se pudo concluir que al usar el controlador PD+I, en el que se evaluó el permeado y la conductividad, generando estabilidad y eficacia, superando a los controladores clásicos PI y PID en comparación de resultados.

En el trabajo desarrollado por Rivas (2019), cuyo título es “diseño de una máquina de ósmosis inversa para producir agua ultra pura en el laboratorio de manufactura de la PUCP”. Universidad Católica Del Perú – Lima. Perú. Tuvo como objetivo diseñar una máquina de osmosis inversa para la producción de agua ultra pura en el laboratorio de la PUCP, la metodología se basó en purificar el agua a través de la membrana de osmosis y cartuchos de resina iónica, se empleó la teoría de mecánica de fluidos para hallar las pérdidas del fluido con respecto a la energía en accesorios y tuberías para el caudal requerido. Se concluyó que este proyecto permitió ahorrar energía eléctrica y redujo la salida de pérdida de agua potable, comprobándolo con el consumo de energía de 0.212 a 0.00016 evaluado en soles por litro en comparación con un equipo de osmosis simple.

2.1.2. Antecedentes internacionales

En el trabajo desarrollado por Mora (2019), cuyo título es “Diseño de una planta de tratamiento de agua automatizada portable mediante el método de osmosis inversa para optimizar del funcionamiento de las máquinas de hemodiálisis”. Universidad Nacional

Abierta y a Distancia – UNAD, Colombia. Tuvo como objetivo diseñar una planta portátil automatizada para el tratamiento y purificación del agua potable con el fin de optimizar el funcionamiento de las máquinas de hemodiálisis, la metodología empleada fue el uso de una membrana semipermeable para la obtención del agua bajo los parámetros del ISO 13959 (2014), con el diseño electrónico de una planta portátil para la creación del LD y una automatización del mismo para el control de la planta, se llegó a la conclusión que los componentes utilizados resisten la presión y el caudal de los líquidos de esta planta, y para la cantidad de producción de agua para una planta portátil, la membrana debe ser menos a 50cm de longitud para producir 500 galones por día.

En el trabajo desarrollado por Delgado (2017), cuyo título es ““Estudio experimental del rendimiento de nuevas membranas de osmosis inversa con capacidad antibioincrustante en la desalinización de agua utilizando una planta piloto”. Universidad de Chile, tuvo como objetivo desarrollar un estudio experimental para evaluar la productividad de nuevas membranas de osmosis inversa con capacidad antibioincrustante en la desalinización de agua mediante un prototipo de planta instalada en el laboratorio del Departamento de Ingeniería Hidráulica Francisco J. Domínguez, la metodología se basó en experimentos desarrollados en el laboratorio de hidráulica, con una presión de 300 psi en todo el sistema para determinar el rendimiento de una membrana comercial, se concluyó que el rendimiento de desalinización de membranas modificadas con nano partículas sintetizadas para la osmosis inversa, estas membranas aumenta el flux con relación al permeado en comparación a otra membrana sin hacerle ninguna modificación, mantiene el rechazo de sales y mejora las características de anti adhesión y efecto biocida.

En el trabajo desarrollado por Imitola et al. (2019), cuyo título es “Diseño de una planta desalinizadora de agua de mar en la zona de la media-alta Guajira”. Universidad del Norte, Colombia. Tuvo como objetivo diseñar y dimensionar de una planta desaladora de

agua, para la obtención de agua potable en la zona de la Alta-media Guajira, en el municipio de Manaure, con una metodología de análisis jerárquico como criterio principal el agua producida, consumo de energía y recuperación de proceso, se dividió en cuatro subsistemas y bajo un diseño de los bancos de membranas basados en Handbook de Dow con un software Wave del fabricante Dow, para determinar los caudales de diseño de bomba y recuperador de presión ERI. Se concluye que este proyecto abastece a más de 160000 personas, con un caudal de diseño de 20300 m³/día, garantizando un gasto mensual por persona de 3.75 m³, y un caudal de aporte de 45000 m³/día.

2.2. Fundamento teórico

2.2.1. Control de sistema ON/OFF

Se basa en la estrategia de control de lazo cerrado, que hace una medición a la salida de la variable, para luego ser realimentada al controlador. Este control se enfatiza en mantener controlada la variable con su referencia de inicio, así se presente cambios en el valor de la variable a través del proceso. (Pardo, 2017).

En la Figura 1 se observa un lazo de control donde: “r” sería la referencia, “e” viene a ser el error, “C” es el controlador, “u” sería el control de la variable, “P” es proceso, y finalmente la “y” es la salida de la variable. (Pardo, 2017).

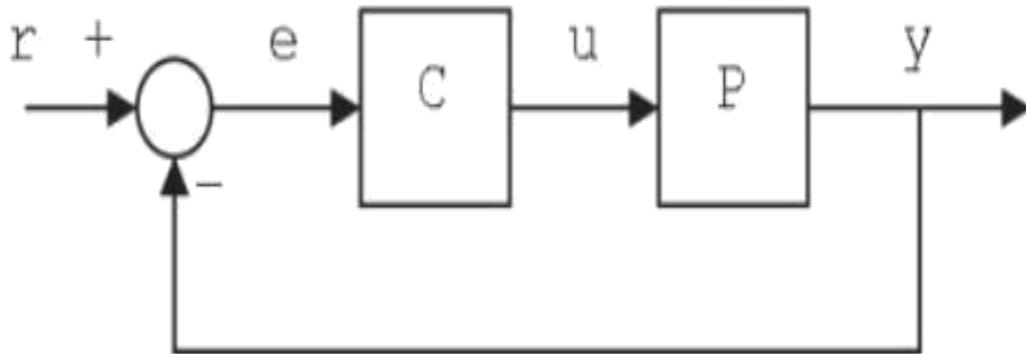


Figura 1. Control ON/OFF de lazo cerrado

Fuente: Pardo, 2017

En la Figura 2 se observa el posicionamiento de un controlador ON/OFF, este grafico se puede representar matemáticamente como lo representa la ecuación 2.1:

$$u(t) = \begin{cases} M & e > 0 \\ -M & e < 0 \end{cases} \quad \dots\dots (2.1)$$

Donde $u(t)$ es la entrada de la variable al proceso del controlador y $e(t)$ es el error del control.

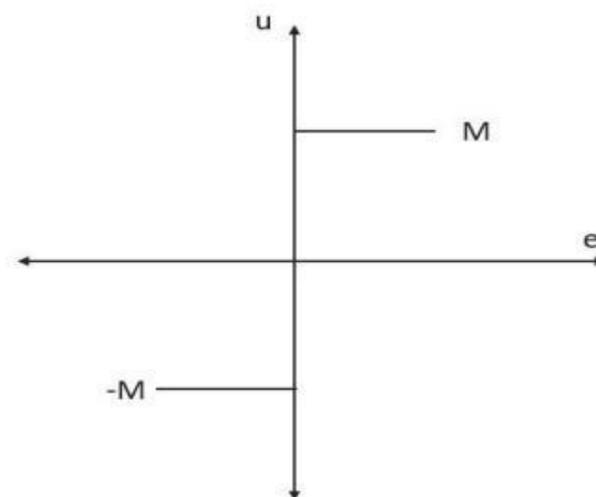


Figura 2. Esquema que representa 2 posiciones del controlador

Fuente: Pardo, 2017

La función que describe este proceso se definiría como la relación entre el 1° armónico de la salida y el 1° armónico de la entrada de un sistema, y está representada por la función 2.2:

$$(\dots) \dots\dots (2.2)$$

Entonces “A” vendría siendo la Amplitud de oscilación y “w” sería la frecuencia de salida de oscilación. (Pardo, 2017).

2.2.2. PLC

El PLC es un controlador lógico programable, dado por sus siglas en ingles PLC (Programmable Lógico Controller), no es más que una computadora, que se utiliza para la automatización ya sea en ingenierías o en industrias, de esta manera dar procesos continuos electromecánicos, como puede ser el control de líneas de montaje en las maquinarias o en las fajas transportadoras, etc. (Quispe, 2018).

Este dispositivo de control, en el pasado no podía ser obtenido por las medianas ni pequeñas industrias, debido a su elevado costo y su exhaustiva y difícil programación, después de un corto tiempo, tuvo mayor relevancia las bondades que poseía su utilidad, de esta manera el personal fue capacitado para su programación y su manejo; en la actualidad su significado y los beneficios que trae en su producción es imprescindible en las empresas. (Quispe, 2018).

2.2.2.1. PLC WECON

Hablar específicamente de un PLC como el de WECON, es detallar sus características como sus funciones en el procesamiento de información, el PLC WECON posee las siguientes características:

La alimentación universal del equipo eléctrico es -85 ~265 VAC @50/60Hz, es una alimentación eléctrica de gama alta.

Los componentes principales empleados son de marcas a nivel mundial garantizadas.

El revestimiento de 3 capas pone en garantía una fiabilidad en un ambiente severo.

En la memoria flash los datos en almacenamiento se guardan mínimo un siglo, más aun en el caso que la batería falle.

Las entradas y salidas de una velocidad alta de 200Khz son diseñadas con aislamiento óptico.

El puerto de comunicación RS-485, asegura una fiabilidad de la comunicación cuando este en vibración. (Kallpa Industrial, 2018)

Entrada de pulso de alta velocidad

Este equipo posee una entrada de pulso externa de una alta velocidad que soporta una entrada con codificador de fase AB, esta entrada es de modo dirección más pulso; en esta entrada la señal puede soportar un pulso de 200Khz., además la señal de fase AB soporta la configuración de frecuencia por ejemplo x1 x2 o x4 como se observa en la Figura 3 donde la señal se duplica, y como se observa en la Figura 4 donde la señal se cuadruplica. (Kallpa Industrial, 2018).

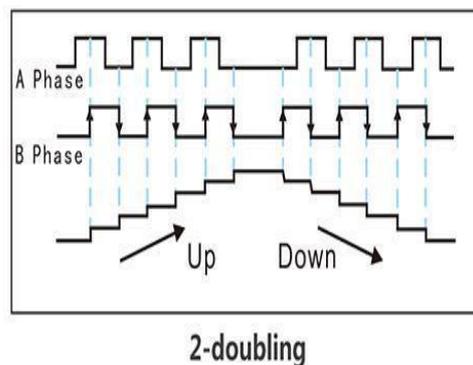


Figura 3. Señal duplicada entrada de pulso

Fuente: Kallpa Industrial, 2018

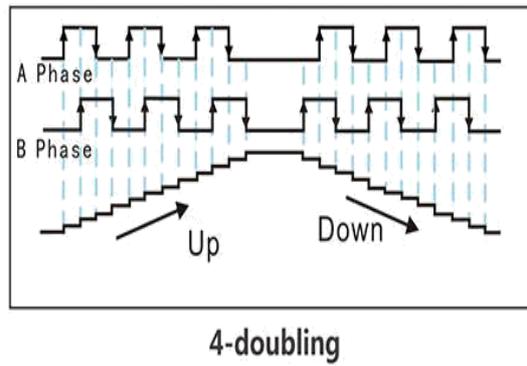


Figura 4. Señal Cuadriplicada entrada de pulso

Fuente: Kallpa Industrial, 2018

Salida de pulso de alta velocidad

Este equipo puede soportar una salida de señal de pulso de alta velocidad, esta puede ser acelerada o desacelerada, además posibilita la configuración en los tiempos tanto de aceleración como desaceleración. La salida es de modulación fase. (Kallpa Industrial, 2018).

En la Figura 5 se observa una gráfica de señal de velocidad por tiempo, donde el comportamiento de la señal acelerada se incrementa a través del tiempo, y luego de un periodo de tiempo, la señal desacelerada decremento la velocidad a través del tiempo, esta configuración se da a través de la salida de la señal del PLC, la configuración se desarrolla mediante la plataforma Ladder.

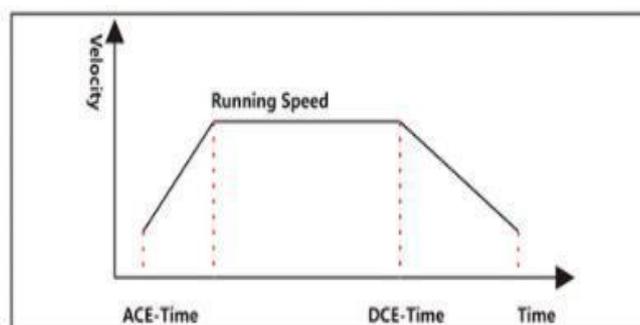


Figura 5. Señal acelerada y desacelerada en el tiempo

Fuente: Kallpa Industrial, 2018

Criptografía del programa

La criptografía del programa del PLC resguarda los derechos del autor, de esta manera se evita que otros usuarios puedan copiar y/o falsificar de manera ilegal el programa. (Kallpa Industrial, 2018).

Criptografía de subprograma

La función de encriptación del diagrama del Ladder se realiza de manera parcial para encriptar las interrupciones así como los subprogramas. Esta función dentro del programa es muy importante porque protege los segmentos más importantes de los subprogramas, de esta manera se puede seleccionar subprogramas, para luego definir la contraseña y finalmente encriptarlos, al proceder de esta manera, estará en un estado de criptografía de subprograma, y así todos los contenidos del código no se podrá visualizar. (Kallpa Industrial, 2018).

Métodos de criptografía del Ladder

La encriptación del programa del PLC engloba la criptografía del proyecto, así como también la contraseña carga y descarga del programa del PLC. Como se puede observar en la Figura 6 la ventana del encriptamiento posee las herramientas para poder definir las contraseñas dentro del programa para proteger el código. Las 3 contraseñas se pueden manejar independientemente entre sí, el usuario tiene el control de elegir a cuál de estos procesos poner contraseña y a cual no. Las contraseñas pueden ser iguales o diferentes para afianzar la seguridad del PLC. (Kallpa Industrial, 2018).

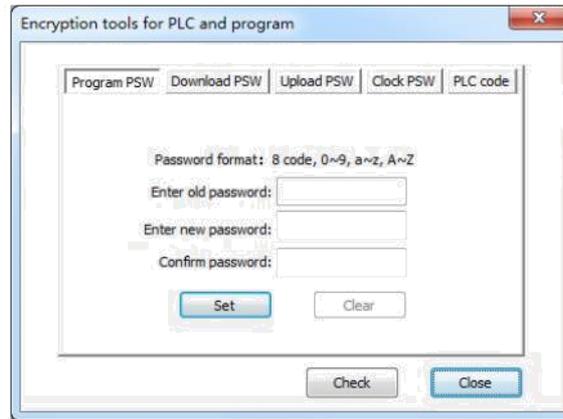


Figura 6. Ventana de configuración de contraseñas del sistema

Fuente: Kallpa Industrial, 2018

Características principales del PLC WECON LX2E-1212MR

En la Tabla 1 se detalla las Especificaciones técnicas principales del PLC WECON LX2E-1212MR.

Tabla 1.

Especificaciones Técnicas del PLC WECON

Especificaciones Principales del PLC WECON LX2E-1212MR	
Total de instrucciones	Básicas: 27, aplicadas: 138
Almacenamiento del sistema	16k
Puerto serial	COM1: RS422 o RS485 COM2: RS485
Humedad	5-85% RH (sin condensación)
Pulso de alta velocidad	Transistor de salida: 2 canales (4 canales opcionales), Relé N, A(2 canales)
Interrupción externa	6 canales
Temporizador de interrupción	3 canales
Almacenamiento	FLASH
Fuente de alimentación	AC 85-265V, DC 24V ±10%

Tiempo de corte de energía	10ms
Salida de energía	DC 24V 850mA
Fusible de potencia	250V 3.15A

Fuente: Spider Automation Technology, 2021

2.2.3. Pantalla HMI Táctil

Más conocida como interfaz entre el hombre y la maquina (HMI), es un espacio virtual que da acceso a la interacción entre equipos que se automatizan y usuarios que lo programan. Los equipos de HMI poseen varios puertos de comunicación para tener comunicación veloz y también ejerce un control adecuado para un amplio rango de equipos, instalaciones y sistemas. La pantalla táctil que posee colores diversos permite el ingreso de parámetros intuitivos y una amplia variedad de maneras de mostrar los datos variables, entre ellos pueden ser las características de la alarma y el grafico de tendencia. (Delta Electronics, 2019).

La alta resolución de una pantalla LCD puede visualizar la operación de control, monitorear el proceso y demostrar una eficiencia en tiempo real. El software es libre y fácil de usar, este software direcciona a los usuarios a que puedan diseñar velozmente iconos visuales para una navegación sencilla y además puedan desarrollar pantallas intuitivas para el constante chequeo de aplicaciones mientras autoriza realizar cambios, programar y diseñar secuencias que potencien la flexibilidad y se ahorre tiempo en el desarrollo. (Delta Electronics, 2019).

2.2.3.1. Pantalla HMI WECON PI3970i

Las pantallas graficas HMI WECON pertenecientes a la serie PI pueden trabajar hasta con el RS232, RS422, RS485 y Ethernet. También puede trabajar con la mayoría de los principales tipos de PLC como lo es el servomotor, SCM, medidores, entre otros. Los HMI son usados en diferentes campos, para obtener el control y monitoreo global, para

transformarse en un centro de monitoreo completo. Tiene una gran resistencia ante químicos corrosivos y también ante el impacto físico. (WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017)

Cortex A7 528MHz

Las pantallas graficas HMI trabajan con el procesador Cortex A7 528MHz, es un procesador de consumo bajo, diseñado para una amplia gama de dispositivos que exigen equilibrio entre potencia y rendimiento (AMR, 2021)

Nivel de protección IP65

Los dígitos del IP 65 refieren las distintas formas de la influencia del ambiente. Por ejemplo el dígito primero “6” representa la protección contra el acceso a objetos solitos, y el dígito segundo “5” simboliza la protección contra el acceso de líquidos. (WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017).

Características técnicas del HMI WECON PI3070i

En la Tabla 2 se presenta las características principales del HMI WECON PI3070i y en la Figura 7 se muestra la imagen frontal y posterior del equipo.

Tabla 2.

Especificaciones Técnicas del HMI WECON

Especificaciones Técnicas Principales del HMI WECON PI3070i	
Procesador	Cortex A7 528MHz
Tamaño	7”
Resolución	800 x 480
Color	16 000 k color
Tiempo de vida	50 000 horas
Memoria	128Mb
Puerto USB	USB2.0 Host +USB2.0 Client

Reloj de tiempo real	si
Alimentación	DC 24V
Rango de entrada	DC 12 – 28V
Programa	PIStudio

Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017



Figura 7. Frontal y posterior del HMI WECON PI3070i

Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017

2.2.4. Módulo LX3V-2ADI-DB

Es un módulo digital con 2 entradas analógicas, es de fácil de montaje con un módulo PLC, la corriente de entrada del módulo se encuentra entre los 4mA hasta los 20mA, para que sea posible la conversión de la entrada analógica y se convierte en salida digital, se muestra la Figura 8 cuyo circuito convierte la señal de corriente de entrada de 4mA-20mA a señal de salida digital de 0 a 2000. (WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017)

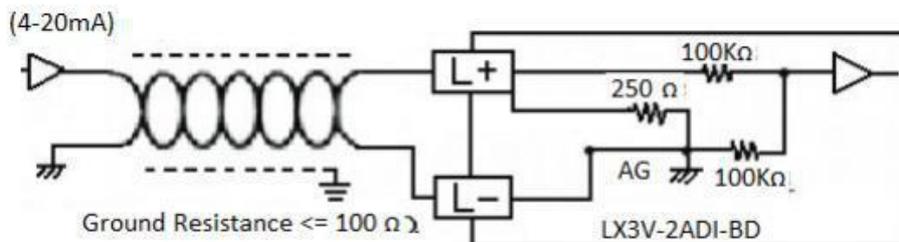


Figura 8. Circuito interno del LX3V-2ADI-DB

Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017

En la Figura 9 se observa el rango de trabajo del circuito con una señal de 4mA a 20mA vs una señal de 0 a 2000 digitalmente, pero si se quisiera trabajar con un rango de 4000 a 20000 en digital como se observa en la Figura 10, en la programación se multiplica la señal x8 y se le suma 4000.

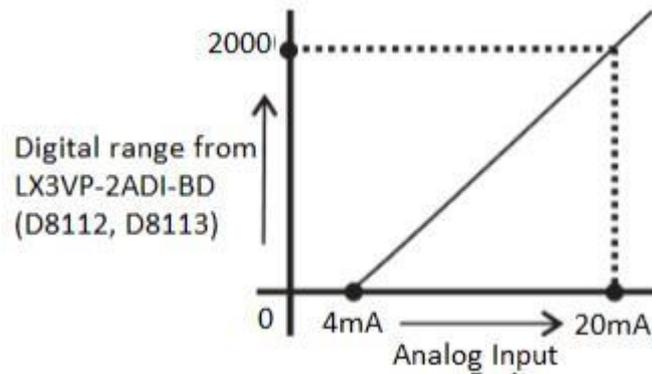


Figura 9. Rango de la señal digital vs la señal analógica
Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017

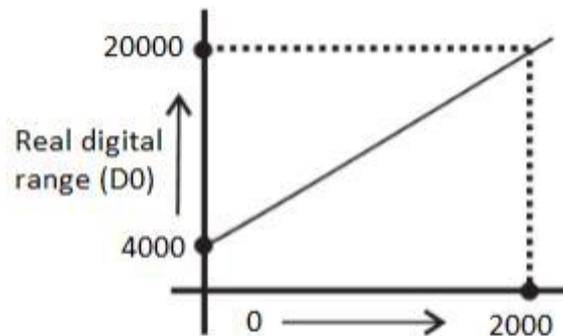


Figura 10. Señal digital vs la señal analógica por 8 y en adición 4000
Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017

2.2.4.1. Dimensiones del módulo

En la Figura 11 se observa las características externas de la tarjeta donde I1- es el cátodo del canal 1 de la entrada de corriente, I1+ es el ánodo del canal 1 de la entrada de corriente, I2+ en el ánodo del canal 2 de la entrada de corriente, I2- es el cátodo del canal 2 de la entrada de corriente y la simbología del punto negro es sin conexión. El LED 1 siempre está prendido, el LED 2 parpadea cuando se comunican, el LED 3 (AD1) encendido indica que está habilitado, apagado indica deshabilitado y el parpadeo indica

superación del rango de medición, el LED 4 (AD2) encendido indica que está habilitado, apagado indica deshabilitado y el parpadeo indica superación del rango de medición, si el modulo DB se conectó a la versión de firmware anterior cuando estaba en el host, todos los Leds parpadearán. (WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017)

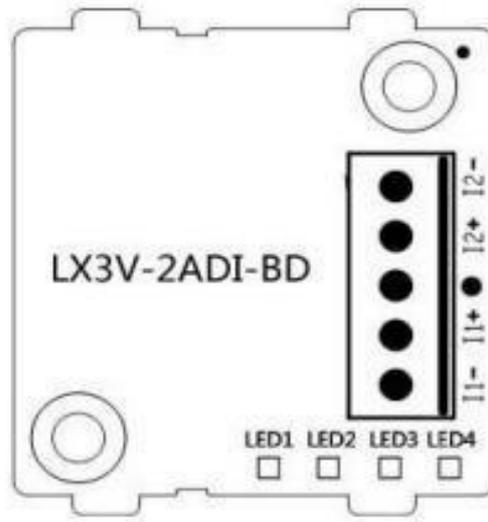


Figura 11. Dimensiones del módulo LX3V-2ADI-DB

Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017

En la Tabla 3 se observa las especificaciones técnicas del módulo LX3V-2ADI-DB

Tabla 3.

Especificaciones Técnicas del Módulo LX3V-2ADI-DB

Ítem	Corriente de Entrada
Rango de entrada	DC 4-20mA (resistencia de entrada 250 Ω)
Salida digital	12 bits binario
Resolución	8uA (4mA-20mA/2000)
Precisión	±1% (4-20mA: ±0.16mA)
Tiempo de conversión AD	Un ciclo de escaneo de PLC

Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017

2.2.5. Modulo LX3V-4D

Este módulo posee 4 canales de entrada, estos reciben en su entrada una señal analógica para luego convertirlos en valor digital, a esta acción se le denomina conversión A/D, donde su resolución máxima es de 16 bits. La selección de entrada y salida que está basada en la corriente o voltaje se da por medio del cableado del usuario, entre los rangos analógicos de -10V a 10V DC (una resolución de 5mV) y 4 a 20mA, -20 A 20mA (con una resolución de 5uA). Este módulo tiene 32 memorias buffer (cada una de ellas de 16 bits), consume un voltaje de 5V con una corriente de 90mA. (WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017).

En la Figura 12 se observa el circuito del módulo LX3V-4AD, donde básicamente se observa las entradas especificadas cada una con su valor de entrada, el conversor DC, los canales de transmisión; en la entrada del módulo se sugiere colocar un par blindado de par trenzado, donde se debe conectar por separado para evitar el ruido eléctrico. Si ocurriera una fluctuación de voltaje o ruido inducido, conectar un condensador de 0,1 a 0.47uF, 25V. Si se está usando una entrada de corriente, conectar el V+ y el terminal I+ entre sí. (WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017).

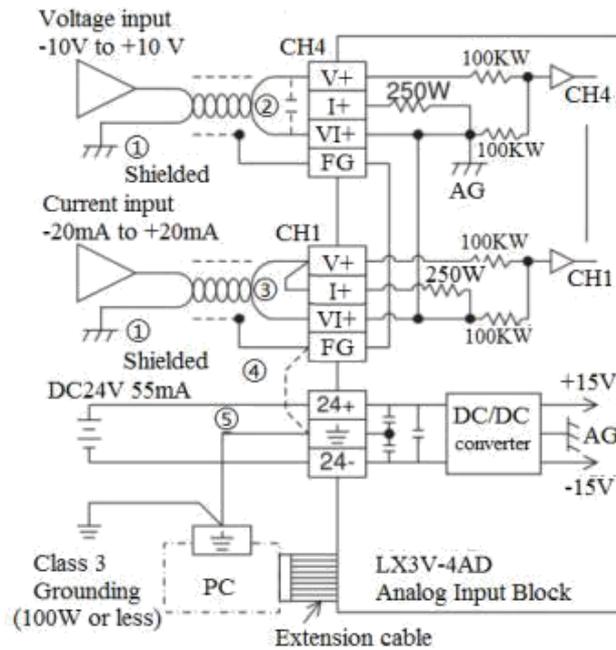


Figura 12. Circuito interno del módulo LX3V-4AD

Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017

En la Figura 13, se observa los 3 tipos de configuraciones de entradas que se puede usar ya en la configuración del módulo, una entrada de voltaje mínimo de -10V a 10V , sería usado el Preset 0 donde los rangos de valores se observan en la figura, así como también con una entrada entre 4mA a 20mA , que sería el Preset 1 donde 20mA equivaldría a 1000 , y por ultimo de -20mA a 20mA donde se usaría el Preset 2 para los valores desde -1600 a 1600 . (WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017).

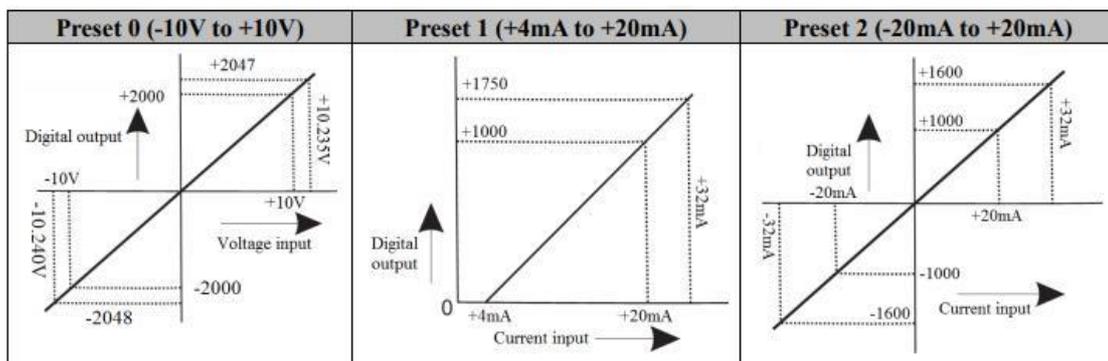


Figura 13. Rango de valores del módulo LX3V-4AD según su entrada

Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017

2.2.6. Fuente de alimentación MDR-60-40

Esta fuente de alimentación protege al equipo de sobre cargas, sobretensión y cortos circuitos, con un consumo de energía sin carga de 0.75W, con una salida de voltaje de 24°, una corriente nominal de 2.5A, con un rango de corriente de 0 a 2.5A, con una potencial nominal de 60W, ruido máximo de 150mVp-p, y su rango de voltaje de salida es de 24-30V, y en su entrada con un voltaje de 85-264VAC o 120-370VDC , con una eficiencia de 88%. (MEAN WELL, 2020).

En la Figura 14 se observa el diseño circuital de la fuente de alimentación MDR-60-24, donde la frecuencia de oscilación es de 60Hz, este circuito está compuesto de rectificadores y filtros para cambiar o mantener una onda de señal constante, tiene un OCP para determinar el momento exacto donde se supera el valor de la corriente, tiene un OVP para proteger al equipo de sobre corriente, tiene un OLP que funciona como un interruptor que apaga la fuente de alimentación cuando esta se sobrecarga, tiene un EMI Filter que suprime los ruidos no deseados.

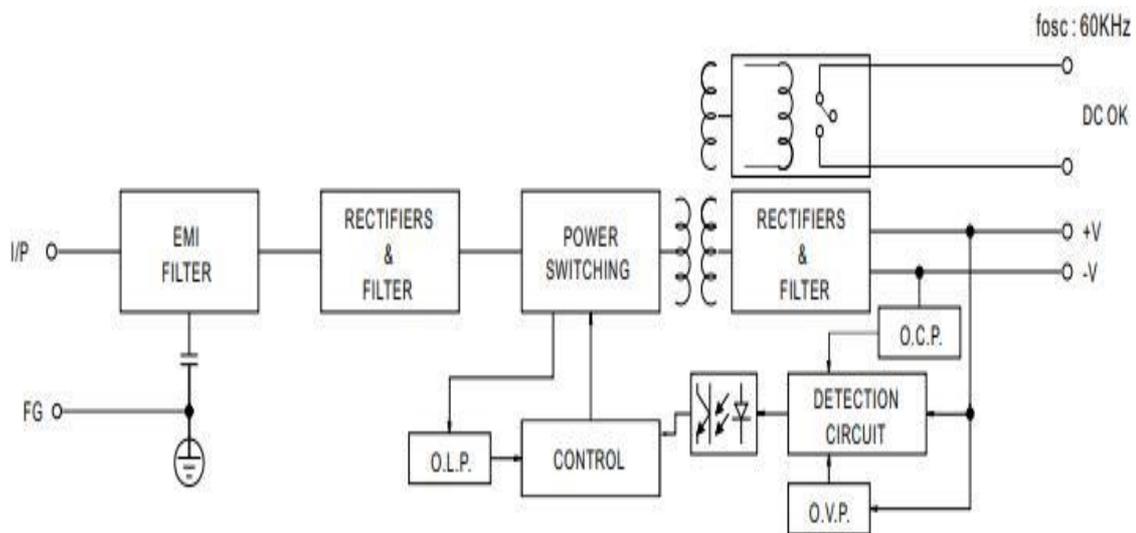


Figura 14. Diseño circuital del MDR-60-24

Fuente: MEAN WELL, 2020

La carga eficaz del 100% tiene una eficiencia según el rango de temperatura, en la Figura 15 se observa que en una temperatura de 45°C debe de bajar la potencia cuando se trabaja con 5v, mientras con un voltaje de 12V, 24V y 48V la potencia se baja a una temperatura máxima de 55°C, en la Figura 16 se observa la entrada de voltaje que cuando se trabaje con 100VAC, la potencia está a su 100% y se mantiene constante hasta el voltaje de 264V.

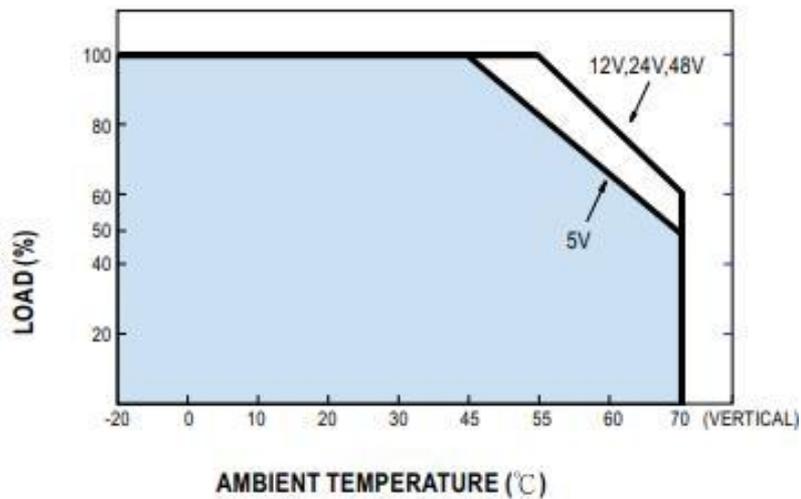


Figura 15. Curva de reducción del MDR-60

Fuente: MEAN WELL, 2020

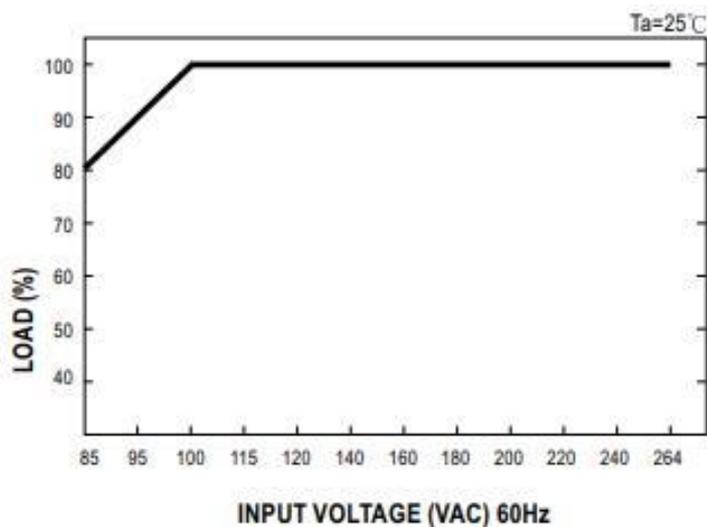


Figura 16. Reducción de potencia de salida vs Voltaje de entrada del MDR-60 Fuente:

MEAN WELL, 2020

2.2.7. Transductor de presión SUP-P300

Es un transmisor de presión, este dispositivo está basado en una capa de presión que puede transformar la señal de mili voltios a una señal estándar. Es ligero de peso, el acero inoxidable sella toda la estructura, y puede ser utilizado en ambientes de causticidad y posee un diseño compacto. Los transmisores de presión convierten la fuerza mecánica que genera la presión en energía eléctrica, esta salida de energía eléctrica se transforma en una señal lineal y proporcional a la presión aplicada. (SUPMEA, 2020).

En la Tabla 4 se mostrara las características del transductor de presión SUP-P300

Tabla 4.

Especificaciones Técnicas del Transductor SUP-P300

Especificaciones Técnicas Principales del Transductor de Presión Sup-P300	
Rango de medición	-1...0-2... 1000 bar
Fuente de alimentación	12V DC, 24V DC, 12-36V DC
Señal de salida	4-20ma 0-20mA 0-5V 1-5V 0-10V RS485
Exactitud	±0.5% FS °C, 0.3% FS opcional
Respuesta de frecuencia (-3dB)	5kHz – 650kHz
Protección de ingreso	IP65
Cobertura	304/316L Acero inoxidable

Fuente: (SUPMEA, 2020)

El transductor de presión en este modelo SUP-P300 varía dependiendo del requerimiento del usuario, los transductores miden la presión, pero como se observa en la Figura 17 lo miden en diferentes rangos que puede ser expresado en pascal o en Bar, y en su acoplador macho de ½, ¼, los conectores son de tipo DIN, M12 y cable.



Figura 17. Modelos de SUP-P300

Fuente: SUPMEA, 2020

2.2.8. Sensor de pH SUP-pH5019

El sensor de Ph o más conocido como el pH-metro es usado en el desarrollo electroquímico para cuantificar el pH de una disolución. Esta medición consiste en calcular el potencial del pH mediante un membrana fina de vidrio que divide 2 soluciones de diferente concentración de protones. De esta manera se llega a conocer la sensibilidad y selectividad de membranas de vidrio en frente del pH. (Palate, 2015).

Una celda que permitirá la medición del pH radica en un par de electrodos, el primero de calomel (hecho de cloruro de mercurio y mercurio) y el segundo de vidrio, que están sumergidos en la concentración del líquido del cual se mide el pH. La vara de soporte del electrodo está diseñada de vidrio común y no es un conductor, pero el bulbo es sensible, es el electrodo sensible, que está estructurado de un vidrio polarizado (sensible al pH). (Palate, 2015).

En la Figura 18 se observa la imagen real del pH-metro SUP-pH5019, este sensor monitorea el Ph adecuado del agua según los parámetros técnicos que se detalla en la

tabla # donde se observa los rangos de trabajo del sensor, es de color negro, es portable y compacto.



Figura 18. pH-metro SUP-pH5019

Fuente: SUPMEA, 2020

En la Tabla 5 se observa los parámetros técnicos del sensor de pH SUP-pH5019

Tabla 5.

Especificaciones Técnicas del SUP-pH5019

Especificaciones Técnicas Principales del SUP-pH5019	
Rango de medida	0-14ph
Rango de temperatura	0-80°C
Temperatura de compensación	NTC10K (Standard), PT1000
Presión de resistencia	0.3MPa
Longitud de cable	5m / 10m /15m
Tipo de entrada	¾ NPT

Fuente: SUPMEA, 2020

2.2.9. Medidor de pH/ORP SUP-Ph6.0

Es un medidor de pH multivariable, usado para medir y controlar el pH con temperatura y ORP (la función del ORP es conmutable en el propio dispositivo). Dependiendo de la variable medida, puede ser electrodos combinados (sensor de pH) o en versiones divididas (vidrio de electrodos con un electrodo de referencia separado), son conectables entre sí de manera fácil. La resolución de la pantalla digital y pantalla LCD permiten que la

observación de las medidas sean claras, y el teclado facilita la configuración que el usuario quiera darle. (SUPMEA, 2020).

El ORP es el potencial de oxidación y reducción, es una señal que esta expresado en mili voltios, esto sucede cuando un electrodo se introduce en el agua y otro electrodo de referencia, entonces se puede deducir que es la fuerza que un electrodo ejerce de un metal sumergido en el agua, comparado con el electrodo estándar (Mérida, 2018).

En la Tabla 6 se observa las características más importantes del pH/ORP SUP-Ph6.0

Tabla 6.

Especificaciones Técnicas del pH/ORP SUP-Ph6.0

Especificaciones Técnicas Principales del Ph/ORP SUP-Ph6.0	
Rango de medición	pH de 0 a 14 , ORP de -1000 a 1000mV
Resolución	pH: 0.01 , ORP: 1mV
Precisión	pH: ± 0.02 Ph , ORP: ± 1 mV
Fuente de alimentación	AC 220V $\pm 10\%$, 50Hz o DC24V
Comunicación de salida	RS485, MODBUS-RTU
Transmisión de señal de salida	4 – 20mA
Alarma de proceso de salida	Alto o bajo seleccionada del pH o ORP

Fuente: SUPMEA, 2020

En la Figura 19 la señalización de las características externas del equipo para su configuración, donde el 1 indica la compensación de temperatura, el 2 la salida de corriente, el 3 es el valor medido en tiempo real, el 4 alarma alta, el 5 alarma baja, el 6 es botón escape para regresar a la acción anterior, el 7 para ingreso al menú, el 8 para mover a la derecha o abajo y el 9 para ingresar al submenú. (SUPMEA, 2020).



Figura 19. Características del panel frontal del pH/ORP SUP-ph6.0

Fuente: SUPMEA, 2020

La calibración de un Ph es el procedimiento por el cual se ajusta el medidor de ph midiendo los parámetros de soluciones de pH conocidos, el electrodo del pH cambiara con el paso del tiempo, debido al revestimiento de electrodos y a su envejecimiento, por eso en la Figura 20 se observa la calibración del pH-metro donde la descalibración es de 6.82 pH y si se le adiciona un valor de 0.18 pH estaría calibrado. (SUPMEA, 2020).

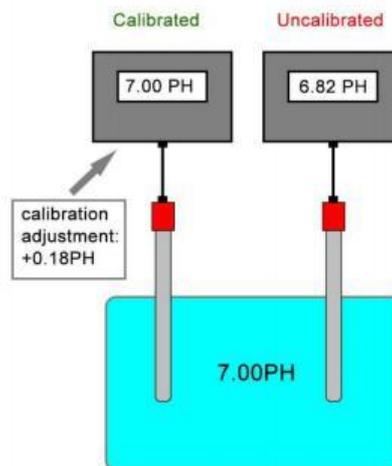


Figura 20. Calibración del pH/ORP SUP-ph6.0

Fuente: SUPMEA, 2020

Para que la precisión sea posible, la calibración debería estar dentro del rango de valores deseados, cuando la lectura del valor va más allá del rango calibrado, el medidor asume la linealidad y extrapola el valor que se mostrara, como se observa en la Figura 21 , el punto cero será la referencia de calibración entre el rango de 4 a 9.21 pH, lo cual permitirá una ampliación en el rango de medición del pH sin la necesidad de recalibrar. (SUPMEA, 2020).

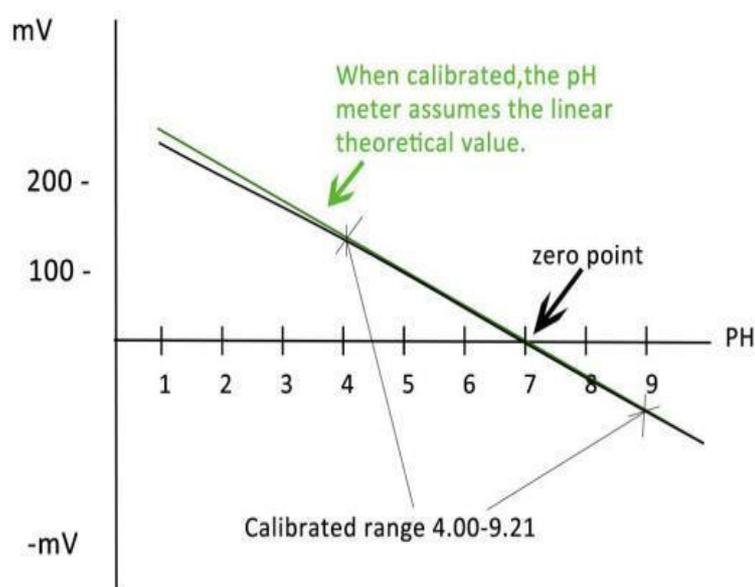


Figura 21. Calibración de 2 puntos con base en el punto 0 (pH7) del SUP-pH6.0 Fuente: SUPMEA, 2020

2.2.10. Norma técnica de salud de la unidad productora de servicios de hemodiálisis en el Perú

Mediante una resolución ministerial N°845-2007 del MINSa, se aprobó las normas sobre el tratamiento del agua, donde se detalla que el proceso del tratamiento de agua es un grupo de equipos cuya función es desechar sustancias orgánicas e inorgánicas y todos los contaminantes micro bacterianos del agua, que es usado para diluir las sales de forma que se obtenga la solución dializante. (Seguro Social de Salud, 2014).

2.2.11. Norma ANSI/AAMI/ISO 13959:2014

Esta norma es usada para el tratamiento del agua para la hemodiálisis y para terapias afines, para la obtención del líquido de hemodiálisis, para la prevención y obstaculización de apariciones como la desnutrición, inflamación y anemia. (Pérez et al., 2015).

En la Figura 22 se puede observar los parámetros del agua según las normas internacionales, los valores están expresados en mg/l, en el Perú se usa la norma AAMI-13959.

Contaminante	ISO-13959:2014 ¹ AAMI-13959:2014	Farmacopea Europea 4.3 ²	Norma UNE 111- 301-90 ³	Valor paramétrico en agua para consumo humano. R.D. 140/2003 ⁴
<i>Contaminantes con toxicidad documentada en hemodiálisis (primer grupo)</i>				
Aluminio ⁺	0,01	0,01	0,01	0,2
Cloro total	0,1	0,1	-	-
Cloro libre	-	0,5	0,5	1
Cloro combi- nado (cloraminas)	-	-	0,1	2
Cobre	0,1	0,1	0,1	2
Flúor	0,2	0,2	0,2	1,5
Plomo	0,005	0,005	0,005	0,01
Nitrato como N	2	2	2	50
Sulfatos	100	50	100	250
Zinc	0,1	0,1	0,1	-
<i>Electrólitos normalmente incluidos en el L.D. (segundo grupo)</i>				
Calcio	2 (0,05 mmol/l)	2	2	-
Magnesio	4 (0,15 mmol/l)	2	4	-
Potasio	8 (0,2 mmol/l)	2	8	-
Sodio	70 (3,0 mmol/l)	50	70	200
<i>Nivel máximo de otras sustancias tóxicas (tercer grupo)</i>				
Antimonio ⁺⁺	0,006 (0,005) [*]	0,006	-	0,005
Arsénico	0,005	0,005	0,005	0,01
Bario	0,1	0,1	0,1	-
Berilio	0,0004	0,0004	-	-
Cadmio	0,001	0,001	0,001	0,005
Cromo	0,014	0,014	0,014	0,05
Mercurio	0,0002	0,0001	0,0002	0,001
Selenio	0,09	0,09	0,09	0,001
Plata	0,005	0,005	0,005	-
Talio	0,002	0,002	-	-
<i>Otras sustancias identificadas como tóxicas en diálisis</i>				
Amonio	-	0,2	-	0,5
Cloruros	-	50	-	250
Metales pesados	0,1 ^{***}	0,1	-	-

Figura 22. Normas internacionales sobre el tratamiento del agua

Fuente: Pérez et al., 2015

2.2.12. Norma UNE ISO 2350-2019

En el 2019, la UNE ISO 2350 fue publicada que trata sobre el agua, su concentrado y liquido de diálisis, sin embargo esta última norma no posee la guía de calidad de agua y liquido de diálisis que son avaladas por las sociedades científicas de países Europeos, en las referencias se puede encontrar estudios de bondades clínicas del agua y liquido de diálisis, Son poco exigentes sus estándares. (Pérez, 2020).

2.2.13. Norma AISI 316

Es un acero inoxidable que tiene de aditivo el molibdeno (Mo), que resiste la corrosión y trabaja a temperaturas altas, es equivalente a ISO, u otras normas internacionales como lo muestra la Figura 23. (Material Mundial, 2021).

US		Unión Europea		Alemania		Gran Bretaña (Reino Unido)		Francia		ISO	
Norma	Grado (UNS)	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	Grade	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	Grado (número ISO)
AISI SAE, ASTM	316 (S31600)	EN 10088- 1	X5CrNiMo17- 12-2 (1.4401)	DIN 17440	X5CrNiMo17- 12-2 (1.4401)	BS970 :1996	316S16	NF EN 10088- 1;	X5CrNiMo17- 12-2 (1.4401)	ISO 15510	X5CrNiMo17- 12-2 (4401- 316-00-1)

Figura 23. Acero AISI 316 equivalencia con normas

Fuente: Material Mundial, 2021

2.2.14. Membrana de alto rechazo CSM RE4021-BE

La definición de una membrana se daría como una barrera selectiva en la que se divide dos sistemas de varios componentes que puede ser en fase líquida o en fase gaseosa, que limita el paso de algunas especies de tipo químico que están presente en una dirección determinada. Esta separación se da debido a uno o muchos componentes que pasan en alta proporción a comparación de otros por la membrana. En la operación de la

membrana, la corriente de alimentación divide en dos el producto, una que es el permeado que ha podido pasar por la membrana y la otra es el rechazo o también llamado concentrado que tiene las especies que no han podido atravesar la membrana. (Andrade & Hormaza, 2013).

Esta membrana funciona con un rechazo mínimo de sal del 99,4%, el permeado de la membrana puede variar según su tasa de flujo pero no será superior al 15%, el rango del pH es de 6.5 a 7 con una temperatura de 25°C, todos los elementos se sellan al vacío en una bolsa de polietileno que posee una solución de SBS (Bisulfito de sodio) al 1.0%. (Lenntech, 2021).

Con respecto a sus dimensiones, este modelo posee dimensiones específicas que se observan en la Figura 24 que se toman en cuenta para su encaje dentro del sistema.

Model Name	A	B	C	D	E	Part Number	
						Inter - connector	Brine Seal
RE40 21-BE	21.0 inch (534 mm)	4.0 inch (102 mm)	0.75 inch (19.1 mm)	1.05 inch (26.7 mm)	1.05 inch (26.7 mm)	40000305	40000306

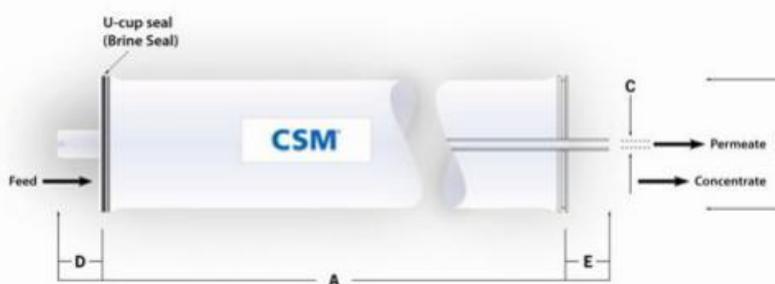


Figura 24. Medidas de la membrana CSM RE4021-BE

Fuente: Lenntech, 2021

2.2.15. Porta membrana SPV-4021-12

Una porta membrana más conocida también como carcaza, está pintado en sus exteriores con poliuretano con brillo y resistente al sol, trabaja a una temperatura máxima

de 48°C, posee un sistema Quick que retiene la espuma y bloquea el paso a la membrana, su compacto diseño es usado para desalinizadoras. (Soriano, 2018).

La porta membrana SPV-4021-12 está hecho de acero inoxidable, y para este modelo el numero 4021 indica el tamaño de 4" x 21" y el 12 indica ½" de portilla como se observa en la Figura 25 donde se observa las dimensiones y partes de la porta membrana. (Watertec, 2021).



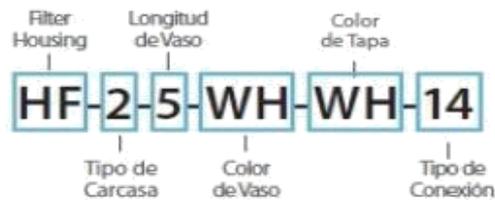
Figura 25. Dimensiones y partes de la porta membrana SPV-4021-12

Fuente: Watertec, 2021

2.2.16. Portafiltro HF2-10WHWH12

Es un portafiltro diseñado y estructurado para portar los filtros de estas dimensiones, este filtro trabaja bajo la norma NSF/ANSI 42, que verifica tanto el material como la integridad estructural. Este tipo de modelos son ideales para el sistema de osmosis inversa como un pre filtro y un pos filtro. (Watertec, 2021).

En la Figura 26 se observa la definición que tiene la nomenclatura del código del filtro donde define el tamaño, la tapa y el color del producto.



LEGENDA

Tipo de Carcasa:	2 = Slim Tapa Plana
Longitud de Vaso:	5 = 5"
	10 = 10"
Color de Vaso:	WH - Blanco
	CL - Transparente
	BL - Azul
Color de Tapa:	WH - Blanco
	BK - Negro
Tipo de Conexión:	14 = 1/4"
	38 = 3/8"
	12 = 1/2"

Figura 26. Especificación del filtro según nomenclatura

Fuente: Osmosistem, 2021

2.2.17. Filtro de lecho mixto

Es un equipo que se usa para intercambio de resinas iónico catiónica y aniónica que son mezclados en un solo recipiente tal como muestra la Figura 27. Los trozos de resinas tanto catiónica como aniónica se encuentran juntos, uno a lado del otro, esta par crea un manto mezclado de resinas y estas crean etapas de catiónión. De esta manera, cada una de las etapas puede recibir el agua, y esta es tratada por la anterior y la desmineraliza, comprobando su mejora de calidad en la salida, entonces este proceso es repetitivo, donde el agua pasa a la siguiente etapa y sigue mejorando su calidad, y así continuamente, este proceso asegura una excelente calidad del agua, va a depender de la alimentación del agua para que el lecho mixto genere una conductividad en la salida de 0,1uS/cm. (ACOUA Tecnología, 2021).



Figura 27. Intercambio iónico catiónica y aniónica

Fuente: ACOUA Tecnología, 2021

2.2.18. Filtro de 5u SDC-25-1005

Es un filtro hecho de polipropileno, usado para la pre filtración de la osmosis inversa del agua, está certificada por NSF Standard 42, 61 y 372/FDA material aprobado, trabaja temperatura máxima de 63°C, con una presión máxima de 46.4 PSI, con un flujo máximo de 2 a 8 gpm, este filtro tiene una densidad graduada para una mayor retención de suciedad (HYDRONIX Water Technology, 2020).

En la Figura 28 se observa la eficiencia que tiene este modelo de filtro que es superior a filtros de la misma marca pero de diferente modelo.

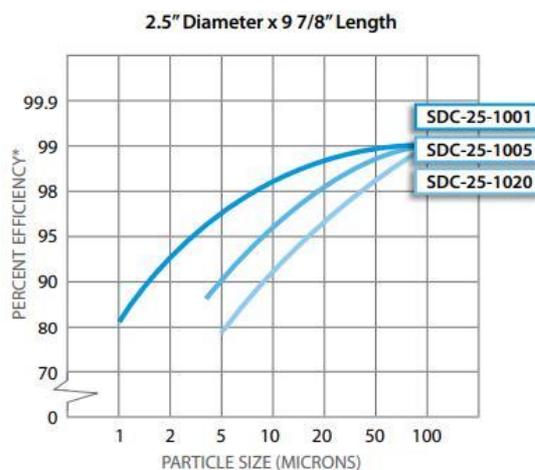


Figura 28. Eficiencia del filtro SDC-25-1005

Fuente: HYDRONIX Water Technology, 2020

2.2.19. Filtro de carbón activado CB-25-1005

El filtro de carbón activado reduce el sabor, cloro, olor y ciertos compuestos orgánicos volátiles, trabaja en un rango de 4.4°C a 82.2°C (40°F a 180°F), trabaja con una presión máxima de 250psi (17bar), máxima presión diferencial de 100psid (6.8bar), está estructurado con un material de polipropileno. (HYDRONIX Water Technology, 2020).

En la Figura 29 se observa la eficiencia del filtro de carbón activado, su eficiencia es intermedia comparándola con otros modelos.

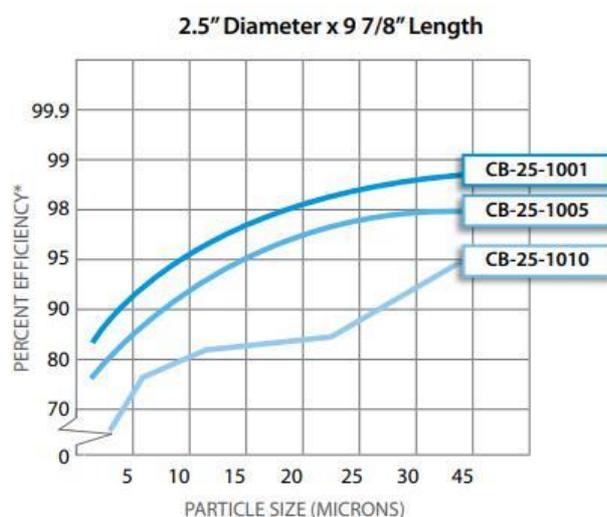


Figura 29. Eficiencia del filtro CB-25-1005

Fuente: HYDRONIX Water Technology, 2020

2.2.20. Lámpara UV de 2 GPM

La luz ultravioleta posee un poder germicida que provoca un desajuste molecular en el gen (DNA, ácido nucleico) de un microorganismo, esto imposibilita que se reproduzca, entonces se le denomina muerto. No hay otro medio tan eficaz de desinfección como lo es la luz ultravioleta, para culminar la aplicación de esta luz no cambia las características del agua. (Calderón, 2014).

La lámpara UV de marca Hidrotek está fabricada en China, en la Figura 30 se observa las dimensiones del equipo según potencia y su capacidad por minuto.

GPM	Specification	Dimension(mm)							Quantity of UV Lamp
		A	B	C	G	φ	Quartz Sleeve	UV LAMP	
2G	16W	330	305	260	1/2"	2.5"	360	345	1
6G	25W	550	525	481			3/4"	580	565
8G	30W	869	844	794	3/4"			900	885
10G	35W								

This picture is suitable for specification between 16W and 165W

Figura 30. Dimensiones del equipo UV según su potencia y su gpm

Fuente: HIDROTEK, 2018

2.2.21. Tanque Hidroneumático PRO-4000W-N-NST

El tanque hidroneumático es una vasija hermética, que está sometido a una presión en su interior, su función principal es trabajar como si fuera un pulmón a presión, este tanque recibe agua de manera intermitente en regímenes inadecuados, para pasar por un ciclo de expansión y compresión del aire, entonces este equipo funciona como un colchón estructurado de aire, ajustando el aire en dimensiones de presión y caudal que son establecidas por el diseño para luego ser distribuidas en una instalación sanitaria. (Montes, 2018)

En la Figura 31 se observa el tanque hidroneumático PRO-4000W-N-NST de arriba hacia abajo el conector de agua de acero inoxidable, revestimiento de polipropileno, la cámara de agua, la cúpula de acero interno, diagrama de alto grado de butilo, recubierto con polipropileno y una tapa de válvula libre de fugas. (HIDROTEK, 2018)

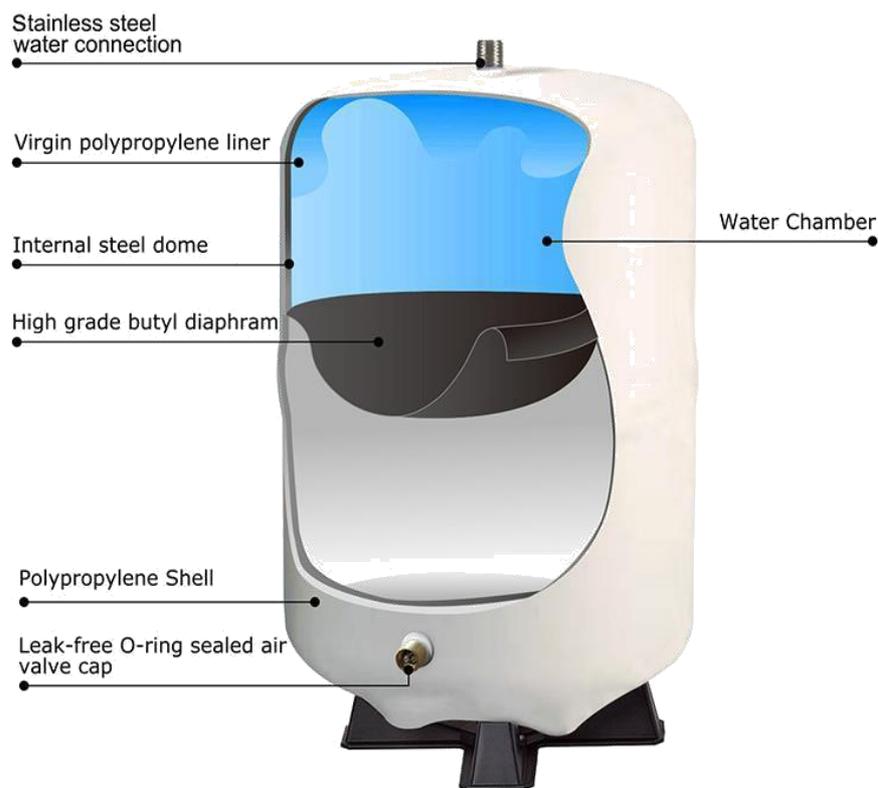


Figura 31. Estructura interna del tanque hidroneumático PRO-4000W-N-NST Fuente:
HIDROTEK, 2018

2.2.22. Mini controlador de conductividad PSI-150

La conductividad que se mide en el agua es un término numérico que se usa cuando se transporta una corriente eléctrica, este proceso depende de la totalidad de concentración de sustancias ionizadas en el agua así como también de su temperatura que se determine el proceso. Entonces cualquier variación de la cantidad de sustancias disueltas en el trayecto de los iones disueltos, implicaría una variación en la conductividad. En los análisis del agua se usa la medición de la conductividad para estimar el contenido de sólidos disueltos. (Tenelanda & Muyulema, 2013)

Una resistencia específica se da en función de sus dimensiones, que se expresa como

Dónde:

C es la resistencia específica, dado por ohmios x cm

R es la resistencia, dado por ohmios

A es el área de sección transversal del conductor, dado en cm^2

L es la longitud del conductor, dado en cm

El conductor posee una conductancia específica que es igual al inverso de su resistencia específica, que se expresa como

1

Donde K es la conductancia específica

En el tratamiento de aguas la conductividad se expresa en valores pequeños, que puede ser expresada en $\mu\text{mhos/cm}$ o en sistema internacional $\mu\text{Siemens/cm}$. (Tenelanda & Muyulema, 2013)

El equipo de controlador de conductividad supervisa y controla los niveles de TDS, donde en el monitor sonara una alarma si el nivel de TDS se eleva por encima de lo establecido por el usuario, se puede apreciar la temperatura en los 2 rangos de medición (centígrado y Fahrenheit) y para su medición utiliza una sonda de sensor de dipolos. (HMDigital, 2019)

En la Tabla 7 se observa las especificaciones técnicas principales del equipo

Tabla 7.

Especificaciones Técnicas del Controlador de conductividad PSI-150

Especificaciones Técnicas Principales del Controlador de Conductividad PSI-150	
Rango EC	0-9999 μS

Rango de TDS	0-5000 ppm
Precisión	±2%
Fuente de alimentación	AC 110V/220V
Peso monitor	476g
Pantalla	LED brillante de 5/8"

Fuente: HMDigital, 2019

2.2.23. Ablandador de Agua

Un ablandador de agua elimina toda dureza de agua potable como el magnesio y calcio, estos dos elementos más conocidos como sarro, este equipo previene la obstrucción en las tuberías, generando así un ahorro costoso en reparaciones. Produce más eficiencia en los calentadores de agua, debido a que disminuye la electricidad y uso del gas. (Acqua Tecnología, 2021).

En la selección del ablandador de agua, se inicia con hallar la cantidad de dureza, los análisis realizados en agua expresan su dureza en ppm (partes por millón), estas partes por millón se convierten en gpg (granos por galón), para determinar las dimensiones del suavizador. Para realizar la conversión de la dureza indicada en partes por millón a granos por galón se divide el factor del ppm entre 17,1, esta nueva cifra significaría la cantidad de granos de resina necesarias para suavizar 1 galón de agua, obteniéndose de la siguiente conversión (2.3). (Condori et al., 2017).

$$1 \frac{\text{ppm}}{\text{mg/L}} * \frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ L}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} * \frac{1 \text{ g}}{17.1 \text{ gpg}} = \frac{17.1}{1} = 17.1 \dots\dots(2.3)$$

2.2.23.1. Válvula automática

Esta hecho de un material noril , cuenta con 1 entrada y 1 salida NTP, con una línea de drenaje de 3/4 y una línea de reactivos de 3/8, la etapa de regeneración lo desarrolla en un

lapso de 0 a 99 minutos, sus dimensiones son 24 x 22 x 20, de la marca Canature. (Osmosistem, 2021).

2.2.24. Manómetro

Es una herramienta que se usa para medir la presión de fluidos (gases y líquidos) en circuitos que son cerrados. Este instrumento puede medir la desigualdad que existe entre la presión real y la presión atmosférica, convirtiendo este valor en una presión manométrica. Estos manómetros también son también conocidos como manómetros de presión. (Sands y González, 2019)

La presión está definida como la fuerza por la superficie que produce un gas o líquido perpendicular al área, y está definida por 2.4 (Sands y González, 2019)

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

2.2.24.1. Manómetro HYDRONIX

El manómetro HYDRONIX está hecho de acero inoxidable, puede trabajar desde los -18°C (0°F) a 60°C (140°F), con conexión de ¼ NTP, un rango de presión de 0-300 PSI y 0-100 PSI, esta relleno de glicerina, en la Figura 32 se muestra el modelo frontal y central del manómetro. (HYDRONIX Water Technology, 2020).



Figura 32. Modelo frontal y central del manómetro HYDRONIX

Fuente: HYDRONIX Water Technology, 2020

2.2.25. Flujómetro

Flujómetro también conocido como rotámetro, es un instrumento que se utiliza para la medición de caudales de los gases y líquidos, esta medida está basada en el desplazamiento vertical de un cuerpo sensible. En la Figura 33 se muestra las ecuaciones del funcionamiento del Flujómetro, el funcionamiento del Flujómetro se pone a manifiesto en la estabilidad de fuerzas que ejerce sobre los flotadores, se le explica de la siguiente manera: la corriente fluye desde abajo hacia arriba trasladándose por el tubo cónico del flujómetro, luego se produce la ascensión del flotador hasta que llegue a un punto anular en que las fuerzas se estabilicen, manteniendo el flotador estable. (Lozano y Sánchez, 2017).

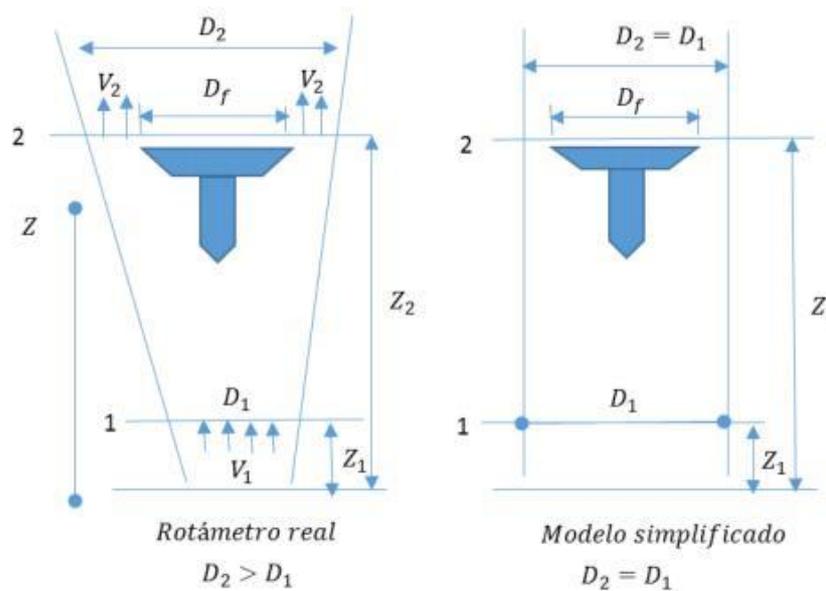


Figura 33. Ecuaciones del funcionamiento del flujómetro

Fuente: Lozano y Sánchez, 2017

2.2.25.1. Flujómetro de panel 0-2gpm

Este flujómetro de marca HYDRONIX, posee escalas fáciles de leer que están debidamente serigrafiadas en los cuerpos acrílicos, son extremadamente precisas, su construcción de acrílico lo hace prácticamente irrompible, máxima temperatura de trabajo

de 120°F (49°C), y máxima presión de 120 PSI (827KPA). (HYDRONIX Water Technology, 2020)

En la Figura 34 se observa los modelos de flujómetro de la marca HYDRONIX



Figura 34. Modelos de flujómetro de HYDRONIX

Fuente: HYDRONIX Water Technology, 2020

2.2.26. Válvula de agua KTN 11.11

Es una válvula de rosca NPT como se muestra en la Figura 35, está hecho de acero inoxidable bajo la norma AISI A182 F316, está diseñado bajo un tratamiento térmico que brinda una resistencia alta ante presiones y temperaturas severas. Su presión de trabajo es de 410bar. Esta válvula abre, regula y detiene el aire, fluidos o agua de altas presiones. (GRM, 2020)



Figura 35. Válvula de aguja KTN 11.11

Fuente: GRM, 2020

2.2.27. Electroválvula o válvula solenoide

La válvula solenoide es un instrumento electro-mecánico que acciona por medio de la señal eléctrica la válvula hidráulica. La electroválvula se posee dos partes interdependientes, bobina solenoide y la válvula. (Canqueri, 2019).

La electroválvula normalmente cerrada tiene un accionar indirecto, permanece cerrada la membrana debido a la presión que ejecuta el agua que llena la cámara superior. Cuando se energiza la válvula con corriente eléctrica, se destapa un pequeño ducto que autoriza que el agua se drene de la cámara superior, de esta manera, la presión dirigida a abajo se reduce, y la presión dirigida a arriba se incrementa en la membrana, finalmente este efecto hace el aperturamiento de la membrana que permite el paso del agua como se observa en la Figura 36 (Canqueri, 2019).

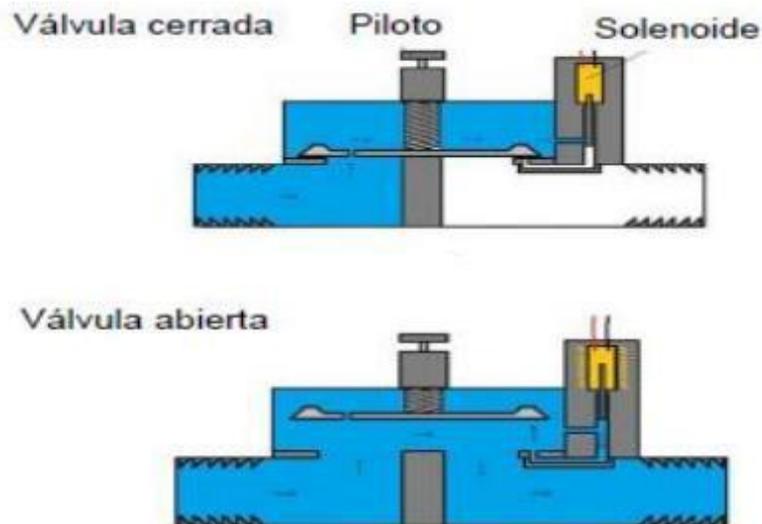


Figura 36. Funcionamiento de válvula solenoide cerrada y abierta

Fuente: Canqueri, 2019

2.2.27.1. Electroválvula NPT ½"

La electroválvula NPT ½" de 220 VAC, está diseñada de acero inoxidable como se muestra en la Figura 37, con un grado de protección de IP65, con una temperatura de fluido de -10°C a 130°C, en temperatura ambiente de -10°C a 50°C, obturador principal

KFM y un anillo de desfase de plata diseñada exclusivamente para fluidos agresivos (DISAI Automatic System, 2013).



Figura 37. Electroválvula NPT 220VAC

Fuente: DISAI Automatic System, 2013

2.2.28. Bomba de alta presión

Para la descripción de la bomba, se muestra la Tabla 8 que brinda las especificaciones técnicas del equipo Marathon Motors.

Tabla 8.

Especificaciones Técnicas de la Bomba de Alta Presión

Especificaciones Técnicas Principales de la Bomba De Alta Presión	
Salida Hp	0.5HP
Voltaje	115-230V a 60Hz
Conexión	½"
Tipo	Monofásico
Caudal	125 GPH
Presión máxima	200PSI

Fuente: cfmedia, 2018

2.2.29. Osmosis inversa

El trabajo que desarrolla la osmosis inversa está basado en la desmineralización que las membranas ejecutan en la separación de los sólidos disueltos, entre los cuales encontramos a los iones, que parte de una solución de agua. La membrana cumple la función de barrera como una permeabilidad enfocada, esta barrera permite que el agua permee a través de la membrana, y esta retiene impurezas como las especies disueltas o iones. (Andrade y Hormaza, 2013).

En la Figura 38 se observa los tipos de filtración basado en membranas convencionales, se compara el permeado de la osmosis inversa con modelos de filtración por etapas, la osmosis inversa permite una eficaz filtración, un alto rechazo de solidos disueltos. (Andrade y Hormaza, 2013).

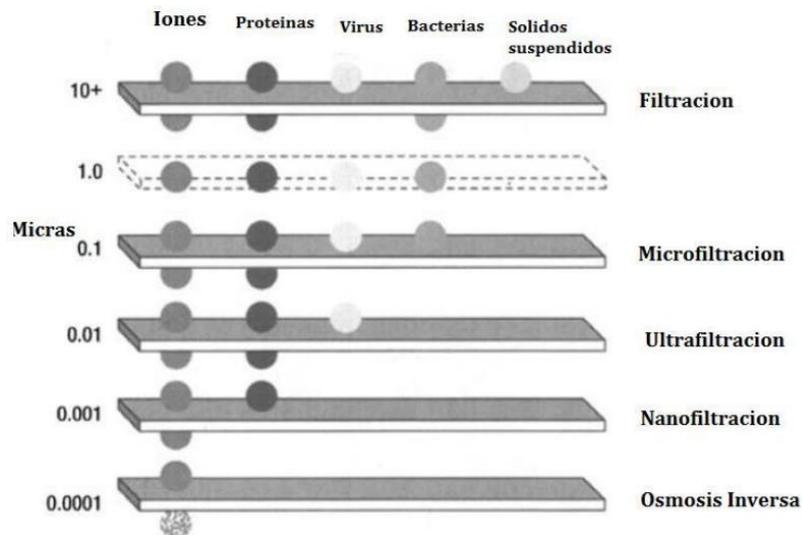


Figura 38. Permeado eficaz en los tipos de filtración

Fuente: Andrade y Hormaza, 2013.

2.3. Marco Metodológico

Etapas De La Metodología

La metodología del desarrollo del equipo se basa en las normas internacionales como la del ANSI/AAMI/ISO 13959:2014 que brinda los parámetros fijos que el agua debe alcanzar para convertirse en líquido de diálisis, en resolución ministerial N°845-2007 del MINSA que ratifica en el Perú los parámetros de agua y brinda un manual para la correcta desinfección, también la norma de calidad AISI 316 que reconoce al acero inoxidable como un material no corrosivo y garantiza su uso de este en procesos con agua, para este desarrollo de la planta se consideró que casi todos los componentes sean de acero inoxidable, a excepción de la parte electrónica que controlara el proceso externamente.

Se aplicara una metodología de nivel aplicativo tipo prospectivo, en la que se presenta intervención en el desarrollo de planta de agua automatizada.

En la Figura 39 se observa las etapas de ejecución de la metodología del proyecto, donde se procederá a explicar etapa por etapa el diseño y desarrollo del equipo de osmosis portátil inverso desde la base del diseño hasta la implementación.

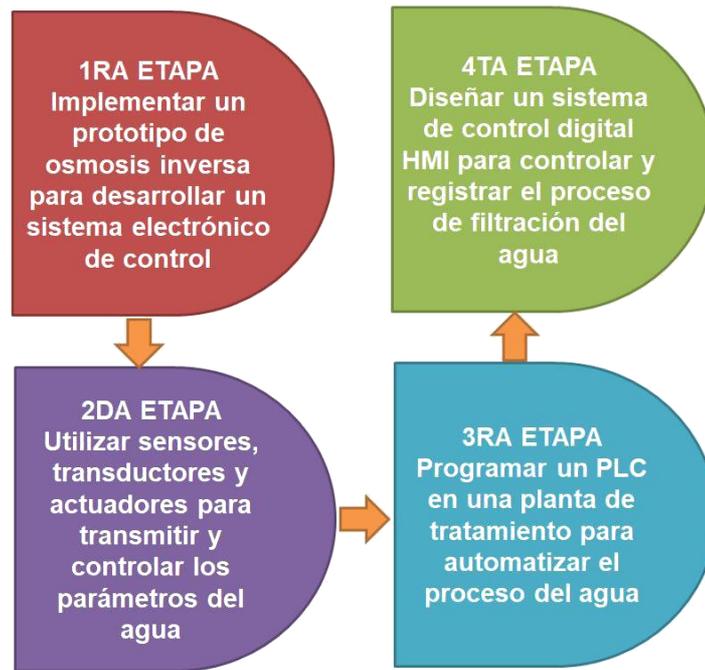


Figura 39. Etapas de ejecución de la metodología

Fuente Propia

ETAPA 1. Implementar un prototipo de osmosis portátil para desarrollar un sistema electrónico de control.

En esta primera etapa se implementará el prototipo inicial de la osmosis portátil inversa, el cual lleva un promedio de 10 días para la adquisición y ensamblaje de los componentes básicos iniciales.

Implementación técnico inicial. Se consideró marcas y modelos de equipos de planta de agua por osmosis portátil inversa, también las medidas, el posicionamiento y el modo de funcionamiento; entonces en esta primera etapa se basó en el análisis técnico mediante la observación e indagación sobre los componentes deseados para desempeñar el proceso, luego se escogió los componentes que representan garantía y confiabilidad bajo las normas AAMI, se inició por el chasis, y la compra de los componentes exactos para su implementación.

Implementación técnico final. Para terminar la primera etapa, se implementó el modelo exacto que se estableció por las medidas de los componentes, por los parámetros y

modificaciones que se da en el desarrollo del proyecto, y con las entradas libres para ubicar los sensores y transductores que permitirá tomar la medición de los valores en el sistema de control electrónico que se desea instalar. Ya ubicada en esta etapa final, el prototipo de osmosis está listo para la desarrollo de un sistema electrónico de control.

ETAPA 2. Utilizar sensores, transductores y actuadores para transmitir y controlar los parámetros del agua

En esta etapa se establece el uso de los sensores, transductores y actuadores; donde se elabora un diagrama del posicionamiento de cada uno, para que cumpla una función específica, en esta etapa se describe el funcionamiento de cada uno de ellos.

Elaboración de un diagrama del posicionamiento de los sensores, transductores y actuadores. Se define mediante un diagrama la posición de cada componente, y se explica la lógica seguida para su funcionamiento de cada uno de ellos.

Sistema de recolección de datos de los sensores, transductores y actuadores. Se dispone de cada componente para realizar su prueba de funcionamiento individual, explicar los rangos de funcionamiento de cada componente.

ETAPA 3. Programar un PLC en una planta de tratamiento para automatizar el proceso del agua

Programar PLC en lenguaje Ladder. La programación se dará a través del PLC cuyo programa principal será el Ladder que es compatible con el hardware, en esta etapa se desarrollara la lógica de función de cada uno de los sensores, transductores y actuadores.

Prueba de funcionalidad. La eficacia del sistema se dará por medio de la interacción entre el PLC y el control de entradas y/o salidas del sistema.

ETAPA 4. Diseñar un sistema de control digital HMI para controlar y registrar el proceso de filtración del agua

Diseñar un sistema de control digital. Mediante la lógica del programa HMI, se configura la pantalla táctil para que pueda desarrollar un entorno digital de fácil acceso al usuario, en la que pueda visualizar en tiempo real los parámetros del agua, desde la entrada hasta la salida, y pueda parar o arrancar el equipo desde la interfaz.

Interacción usuario y máquina. Los objetos que se usara, como gráficos y botones, harán que se relacione fácilmente el usuario con el equipo, dando una prueba de esto la interfaz final del programa del HMI.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

3.1. Implementación del prototipo osmosis portátil inversa

En esta primera parte se toma como base inicial modelos de osmosis inversa portátil ya existentes en el mercado, teniendo conocimiento de aquellos equipos y evaluando los parámetros deseados al final del proceso, se procede a elaborar primero un diagrama unifilar del producto deseado como se muestra en la Figura 40, donde se detalla paso a paso desde la entrada del agua, hasta las dos salidas tanto del permeado como la del concentrado.

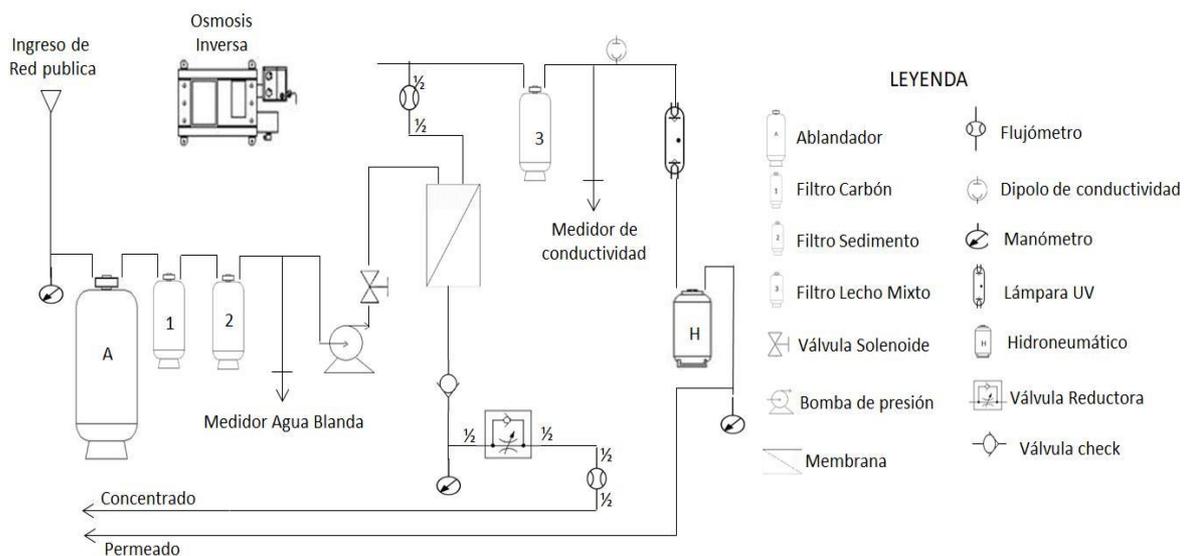


Figura 40. Diagrama unifilar del prototipo de osmosis portátil inversa

Fuente: Propia

Ya teniendo el diagrama de lo que se quiere lograr, se procede a detallar los materiales seleccionados para la implementación.

3.1.1. Chasis del equipo

Para la construcción del chasis de este equipo, se utilizó placas de acero inoxidable, se definió la elección de este material porque no es corrosivo a comparación de los otros materiales y cumple la función de protección del equipo, al tratarse de agua, el contacto con este elemento no lo daña, tiene un mejor tiempo de vida y cabe mencionar que por las características del elemento con el que se trabaja, el acero es más barato que un material similar como la plata, sus dimensiones están dadas de la siguiente manera 90 centímetros de alto, 55 centímetros de ancho y 55 centímetros de largo como se puede observar en la Figura 41, se diseñó dos puertas laterales y una atornillable en la parte superior

Se elaboró el chasis del equipo midiendo los instrumentos y materiales con el que contara el sistema en su interior, y por ser un equipo portable, los materiales son de dimensiones pequeñas, entonces las dimensiones de este chasis son preciso para recubrir todo el sistema, protegerlo, y brindar facilidad al momento del traslado.

Por tratarse de acero inoxidable, y tener las dimensiones ya antes explicadas, el peso de solo el chasis es de 35.5 kilos aproximadamente, y al finalizar el proyecto, su peso final incluido la parte mecánica-hidráulica con la parte electrónica, ya implementado, su peso es 104 kilos, entonces por tratarse de un peso considerable, se le añadió de 4 patas rodables giratorias en su parte inferior que soporta un peso máximo de 140 kilos, y que ayuda en la movilización del equipo.



Figura 41. Chasis del equipo de osmosis portátil inversa

Fuente: propia

3.1.2. Trabajando con la membrana de alto rechazo para osmosis inversa

Para este proyecto se eligió membrana de la marca CSM, modelo RE-4021 –BE, con unas dimensiones de 4” diámetro con 21” de longitud, y con un material de polyamida, En esta misma marca existe también la membrana CSM RE2521-BE, CSM RE2540-CE, CSM 4040-BE, CSM 4040-BN, CSM 4040-CE, la diferencia entre estos modelos radica en las dimensiones y costo en lo particular, si bien es cierto los de CSM RE4040-BE para arriba tiene mayor permeabilidad y mayor fluidez de agua por minuto, tiene un costo mayor al modelo de elección CSM RE4021-BE, en la permeabilidad de la membrana seleccionada se toma en cuenta los parámetros de purificación del agua así como el caudal del agua. Cabe mencionar que la empresa que brinda servicios biomédicos trabaja con este modelo.

3.1.3. Trabajando con la Porta membrana

Se eligió una porta membrana que va de la mano con la membrana CSM RE4021-BE, y por las características de las dimensiones ya detalladas en la parte superior, se eligió el SPV-4021-12, cuyas dimensiones son 4" x 21", parte de esta porta membrana está hecha de acero inoxidable, si estuviera hecho de cobre, fierro o bronce, se llega a deteriorar, y comienza a soltar partículas de óxido, por eso el requerimiento mínimo es de acero inoxidable también existen porta membrana de SPV-2512, SPV-2540, SPV-4040-12, SPV-4040-34, SPV-4080, donde la variación radica en la entrada y permeado, por ejemplo en el modelo SPV-2521 la entrada es de 3/8" con un permeado de 3/8", en el modelo de SPV-4040-34 la entrada es de 3/4" y un permeado de 1/2", cabe mencionar que si el modelo es de mayor dimensión es de mayor costo, en este caso el modelo a escoger fue con una entrada de 1/2" de entrada con un permeado de 1/2", que cumple con la acoplación de la membrana, y también con la portabilidad que se le dará a este equipo.

En la Figura 42 se observa tanto la membrana como la porta membrana recién abierta para el ensamblaje en el equipo desarrollado en el taller biomédico.



Figura 42. Membrana y porta membrana en proceso de ensamblaje

Fuente: Propia

3.1.4. Trabajando con el Porta filtro

El filtro que se eligió para este proyecto fue el HF2-10WHWH12, donde tiene la dimensión exacta para portar los filtros de lecho mixto, carbón activado y filtro de micra, está hecho de Polipropileno que es el requerimiento mínimo ya que es antibacteriano, si se usara un material como el PVC, desprendería bacterias de la misma tubería y se concentrarían en el proceso del osmosis. También hay otros modelos y colores como el HF2-5WHWH14, HF3-10WHWH34, HF5-20BLBK34, donde la diferencia radica en el color y sus dimensiones, en el caso de HF3-10BLBK12, se eligió por tener la dimensión de 2.5" de diámetro x 10" de altura y soporta una presión de 125PSI.

En la Figura 43 se observa la porta filtro seleccionado en el taller biomédico con sus características de compra, y sus dimensiones para el ingreso de los filtro



Figura 43. Porta filtro color blanco para ensamblarlo con el lecho mixto

Fuente: propia

3.1.5. Trabajando con los Filtros del sistema

Los filtros que se escogieron para este proyecto son dos de HIDRONIX el carbón activado y el de sedimento y uno de IONAC ya que la empresa de servicios biomédicos tiene como su proveedor principal estas empresas, las dimensiones seleccionadas para

los filtros son de 2.5" de diámetro x 10" de altura, a comparación de otros modelos o marcas, estos filtros escogidos tienen garantía y buen precio en el mercado.

3.1.6. Trabajando con la Lámpara UV 2GPM 16W

Lámpara UV es un dispositivo que se usa como medio de desinfección del agua, que solo basta con la radiación de este producto para la germinación de bacterias en el agua, dentro de las propuestas de marcas y modelos de las lámparas UV tenemos a Trojan, Polaris, UV Viqua y WaterTec, estos modelos ofrecen similares características y similares precios, pero en este caso se usará la marca de HIDROTEK, porque es más compacta que los otros modelos, ofrece un alto rendimiento, dado las características del equipo de osmosis, solo se requeriría 2gpm con un consumo mínimo de 16w, y sobre todo que alcanza y cubre los parámetros de desinfección del AAMI, en la Figura 44 se puede observar la lámpara UV a utilizar en taller. En su aspecto técnico tenemos resaltante el material de lámpara es germicida es de un 99% SiO₂



Figura 44. Lámpara UV 2GPM 16W ensamblada en el sistema

Fuente: Propia

3.1.7. Trabajando con el Tanque Hidroneumático

La función principal que tiene el tanque hidroneumático es almacenar agua de reserva para cuando se tenga un fallo o alarma en el equipo, el equipo no descienda su presión a 0, proteja al equipo y tenga agua después de apagado el equipo, el tanque hidroneumático a usar es de marca HIDROTEK, es un tanque básico para la presurización del agua, trabaja con una presión máxima de 50Psi, de color blanco, con

dimensiones de 62cm x 39cm con una temperatura máxima de 90°C. En la Figura 45 se observa el tanque hidroneumático antes de ser presurizado, con capacidad de 4 galones.



Figura 45. Tanque hidroneumático HIDROTEK

Fuente: propia

3.1.8. Trabajando con el ablandador de agua

La función principal del ablandador del agua es quitarle la dureza del agua que viene con el pH, se optó por el ablandador Hidrocyr, ya que viene automatizado para hacer su retro lavado con sal industrial, hay ablandadores de agua como acquabio, hidrostal, entre otros, para el efecto que tendrá este equipo en el desarrollo del proyecto, se opta por elegir el hidrocyr tal como lo muestra en la Figura 46, porque es industrial, otras marcas comparadas con esta, dan el mismo precio, pero no son industriales, son para uso doméstico, y las industriales de este modelo se cotizan más caras, pero con las mismas características.



Figura 46. Ablandador de agua puesta al chasis

Fuente: propia

3.1.9. Procedimiento de la implementación

Con todos los componentes seleccionados se procede a la implementación, las figuras a continuación mostrarán la implementación del equipo, como podemos observar en la Figura 47 se observa el chasis de acero inoxidable donde solo se ha colocado la electroválvula, el espacio vacío es para la membrana, en la Figura 48 se observa la válvula de aguja de $\frac{1}{2}$ " que se usara para regular la presión de rechazo de la membrana, en la Figura 49 se hace uso de un compresor de aire para el llenado del tanque hidroneumático, debe ser llenado solo con una presión de 20 Psi, en la Figura 50 se observa la puesta de los tres manómetros y dos flujómetros y ya colocada la lámpara UV, en la Figura 51 se procede al ajuste de la tapa de la membrana con teflón para evitar el filtrado del agua.

En la Figura 52 se visualiza el ajuste del filtro de carbón activado, también se visualiza el ablandador de agua y el tanque hidroneumático ya instalado, En la Figura 53 se observa el acoplamiento de la membrana al chasis por medio de las abrazaderas, y finalmente en la Figura 54 se observa la puesta de mangueras en la entrada como en la salida para probar el equipo.



Figura 47. Chasis de acero sin la membrana

Fuente: propia



Figura 48. Válvula de aguja de 1/2"

Fuente: propia



Figura 49. Llenado del tanque hidroneumático

Fuente: propia



Figura 50. Manómetros y flujómetros empotrados

Fuente: propia



Figura 51. Ajuste de la tapa de la membrana

Fuente: propia



Figura 52. Colocación de los filtros de carbón y sedimento

Fuente: propia



Figura 53. Membrana puesta en el Chasis

Fuente: propia



Figura 54. Colocación de manguera para prueba

Fuente: propia

Ya probado el equipo, se obtuvieron fotos del equipo final listo para la implementación de la parte electrónica, a continuación se mostrara algunas figuras que evidencien la implementación del equipo de osmosis terminado, en la Figura 55 se observa la lámpara UV señalizada para la detección del cambio, en la Figura 56 se observa la parte frontal del equipo terminada, donde se ubican los 3 manómetros especificados (presión de ingreso, presión de concentrado y presión de servicio) con 2 flujómetros especificados (flujo permeado y flujo concentrado), en la Figura 57 se observa el filtro lecho mixto ya colocado, en la Figura 58 se observa los 2 filtros de carbón y sedimento de 5 micras, en la Figura 59 se observa el ablandador de agua ya probado y empotrado, finalmente en la

Figura 60 se observa la salida del agua de diálisis (permeado) y salida del agua de rechazo (concentrado).



Figura 55. Lámpara UV empotrada

Fuente: propia



Figura 56. Parte frontal terminada

Fuente: propia



Figura 57. Filtro de pulidor mixto terminado

Fuente: propia



Figura 58. Filtro de carbón y 5 micras terminado

Fuente: propia



Figura 59. Ablandador terminado

Fuente: propia



Figura 60. Salida lateral del permeado y concentrado terminado

Fuente: propia

3.1.10. Diagrama pictórico final del osmosis inversa mecánico – hidráulico

Tanto el modelamiento como la estructura se basaron en los requerimientos mínimos de los materiales a usar para la filtración y pureza del agua, los materiales escogidos poseen características precisas para un efectivo rendimiento y dimensiones pequeñas para su empotramiento, en la Figura 61 se observa el diseño pictórico del sistema mecanico-hidraulico, donde se inicia el diseño desde la entrada del agua potable y pasa por el ablandador de agua, luego pasando por los filtros de 5u de sedimento, luego el agua sigue su trayecto pasando por el filtro de carbón activado para reducir el cloro, luego el caudal se dirige a la bomba de presión que estará controlada por la electroválvula, el agua pasa por la membrana, esta membrana tiene dos salidas, una salida que es el concentrado y la otra salida que es el permeado, sigue el recorrido del agua, la salida del concentrado pasa por la válvula check que direcciona en un solo sentido el agua, luego por la válvula de agua y finalmente sale el concentrado, en la otra salida de la membrana, la del permeado, sigue su recorrido por el ultimo filtro de lecho mixto donde se reduciría a 0 los TDS, la lámpara UV va al final porque es la que definitivamente terminara de eliminar alguna impureza filtrada o no tratada durante la osmosis, luego va hacia el hidroneumático que almacena el agua tratada, y así finalmente llega a la salida del permeado.

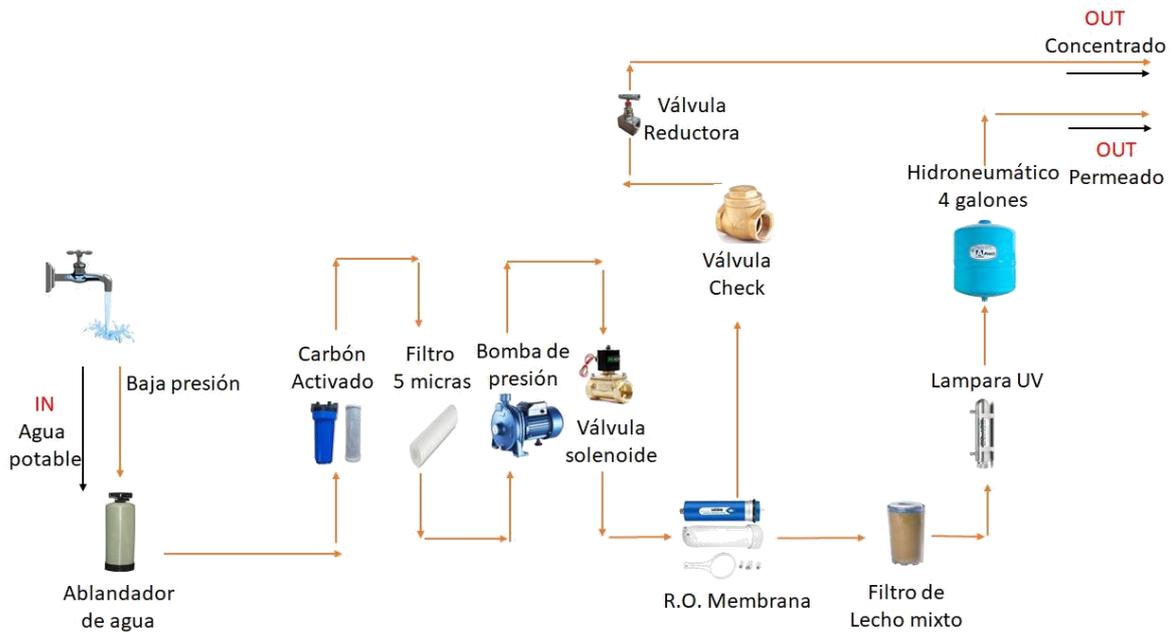


Figura 61. Diagrama pictórico final del osmosis inverso mecánico – hidráulico Fuente: propia

3.2. Utilizar los sensores, transductores y actuadores para transmitir y controlar los parámetros del agua

Para usar los sensores, transductores y actuadores, se tiene que tener en claro para que sirve y como se usa cada componente:

Empezaremos por los actuadores que son la electroválvula y el motor de 0,5HP, se sabe que los actuadores eléctricos transforman la energía eléctrica en energía mecánica, que es el principio básico de estos componentes. Por un lado la electroválvula Normalmente Cerrada, con una transmisión de energía, sube su pistón y permite el paso del flujo del agua, este proceso se puede desarrollar con un relé térmico controlado por un Contactor, la función que desarrollara en el equipo es el encendido y apagado del equipo dependiendo el flujo o presión del agua, lo mismo podríamos aplicar al motor de 0,5HP, por medio de un relé térmico para la protección y un Contactor podríamos controlar el encendido de equipo, para fines del proyecto, solo se usara la electroválvula como un actuador controlado por la automatización.

Con lo que respecta a los sensores, se trabajará con 2 sensores, un sensor de pH, y el otro sensor de conductividad aplicado por dipolos, para la selección de los sensores de pH y Conductividad se tuvo que tomar en cuenta los requerimientos mínimos que necesita el proyecto, no se puede elegir un sensor por tener las mejores características, se busca tomar la mejor decisión en la selección, entonces se explicará porque se eligió una alternativa con la cual se va a trabajar. Se evaluará primero el sensor del pH y se revisa las características de estos sensores en la Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11.

Tabla 9.

Sensor de pH SUP-Ph6.0

Sensor de pH SUP-pH6.0	
Fuente de alimentación	AC 220V \pm 10%, 50Hz or DC 24V
Salida de señal	4-20 mA
Rango de trabajo	PH(0-14); ORP(-1000...+1000mV)
Precisión	PH: \pm 0.02PH; ORP: \pm 1mV
Resolución	PH: 0.01 ORP: 1mV
Comunicación	RS485 MODBUS-RTU
Temperatura ambiente	-20...+55°C (-5...+130°F)
Humedad	10 a 90% RH a 40°C(100°F)

Fuente: SUPMEA, 2020

Tabla 10.

Sensor de pH pHORP pHmeter Huandian

pHORP pHmeter Huandian	
Fuente de alimentación	AC 220V \pm 10%, 50Hz
Salida de señal	4-20 mA
Rango de trabajo	PH(0-14); ORP(-1900...+1900mV)
Precisión	PH: \pm 0.02PH; ORP: \pm 1mV
Resolución	PH: 0.01 ORP: 1mV
Comunicación	RS485 MODBUS-RTU
Temperatura ambiente	0...+60°C
Humedad	\leq 85% RH

Fuente: Alibaba, 2021

Tabla 11.*Sensor de pH pHmetro Hanna*

pHmetro Hanna ± 0.01 pH (HI2210)	
Fuente de alimentación	Transformador a 12VDC
Salida de señal	-----
Rango de trabajo	-2.00 a 16.00 pH
Precisión	PH: ± 0.01 PH
Resolución	PH: 0.01
Comunicación	-----
Temperatura ambiente	-9.9... +120°C
Humedad	95% RH

Fuente: Hanna Instruments, 2021

Con lo que respecta al sensor de pH, primero un sensor que trabaje en un rango de 4-20mA, para que pueda interactuar con el PLC, que sea fijo en el equipo, que no sea el medidor de toma de muestra para luego guardar el equipo, que sea una marca reconocida en el mercado que brinde seguridad, se recuerda que se está trabajando con agua tratada para con destino final un ser humano, con especificaciones básicas de estabilidad de un <0.02 PH/24H, ORP <3 Mv/24h, Una temperatura NTC 10k o PT1000-10 - 130°C, por el precio y por la confianza de la marca en el mercado y por las características mínimas y básicas.

Con lo que respecta al sensor de conductividad, en el Perú, no se halla fácilmente sensores que se puedan estar adheridos al equipo tomando la señal constante, y no se puede trabajar con sensores de prueba como el arduino que no brinda una eficiencia ni eficacia y menos para este tipo de proyectos de precisión, a continuación se muestra la Tabla 12, Tabla 13 y Tabla 14 que describe las características de un sensor de conductividad digital, entonces se pensó en un sensor fijo que mida la conductividad constante en el equipo, que tenga un rango de resolución de 0.1uS/ppm (0-999); 1uS/ppm (1000-9999), que incluya un electrodo de acero inoxidable, con una precisión de

+/- 2% de precisión, viendo las características técnicas de cada equipo, el equipo que se ajusta con estas condiciones es el Mini controlador de conductividad en línea HM Digital.

Tabla 12.

Mini Controlador de Conductividad En Línea HM DIGITAL

MINI CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD EN LÍNEA (HM DIGITAL)	
Fuente de alimentación	220VAC
Rango de trabajo	0-9999 us/cm
Precisión (a 20°C)	± 2% FS
Resolución	0.1us/cm (0-999); 1us/cm(1000-9999)
Temperatura ambiente	0... + 50°C

Fuente: HMDigital, 2019

Tabla 13.

Mini Controlador de Conductividad Eléctrica Hanna

MINI CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (12VDC) Hanna	
Fuente de alimentación	115/230VAC o 0-12VDC con adaptador
Rango de trabajo	0-1999 us/cm
Precisión (a 25°C)	± 2% FS
Resolución	0.1us/cm (0-1999)
Temperatura ambiente	0... + 50°C

Fuente: Hanna Instruments, 2021

Tabla 14.

Sensor de conductividad LX100CTP

Sensor de conductividad LX100CTP	
Fuente de alimentación	Batería 4v x 1,5v
Rango de trabajo	0-1999 us/cm
Precisión (a 25°C)	± 2% FS
Resolución	0.1us/cm

Temperatura ambiente	0... + 50°C
----------------------	-------------

Fuente: Medical Expo, 2021

Con lo que respecta a los transductores aparte de usar los manómetros y flujómetros analógicos, se evalúa entre las características de los transductores mostrados en la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17, donde al revisar sus características de cada uno, se toma la decisión de usar el transductor de presión SUP-P300, porque trabajara con 24VDC directo y su salida de señal es de 4-20 mA, tiene una precisión de $\pm 0.3\%$ y trabaja a una temperatura ambiente de -40 a 100 °C, se tomara tres transductores, dos transductores de 0 a 10 Bar y un transductor de 0 a 25 Bar para que midan las presiones de entrada, proceso y salida digitalmente.

Tabla 15.

Características del Transductor de Presión SUP P300

SUP P300 TRANSDUCTOR DE PRESIÓN	
Fuente de alimentación	12VDC 24VDC 12-36V DC
Salida de señal	4-20 mA 0-20 mA 0-5 V 1-5 V 0-10 V RS485
Respuesta de frecuencia (-3dB)	5kHz – 650kHz
Precisión	$\pm 0.5\%$ FS °C, 0.3% FS opcional
Deriva de sensibilidad térmica	$\pm 0.03\%$ FS °C
Protección de ingreso	IP65
Temperatura	-20...+80 °C/ -4...+176 °F
Temperatura ambiente	-40...+100 °C/ -40...+212 °F
Estabilidad a largo plazo	$\leq 0.2\%$ FS °C un año
Tiempo de respuesta	<10ms

Fuente: SUPMEA, 2020

Tabla 16.*Características del Transductor de Presión TS200*

TS200 Pressure Transmitter	
Fuente de alimentación	10-30VDC 8-30VDC/AC 11-30VDC/AC
Salida de señal	4-20 mA 0-5 VDC 0-10 VDC
Precisión	± 0.5% FS
Protección de ingreso	IP65
Temperatura ambiente	-40...+85°C
Estabilidad a largo plazo	≤0.1% FS °C un año
Tiempo de respuesta	<10ms

Fuente: AliExpress, 2021

Tabla 17.*Características del Transductor de Presión GPT200*

GPT200 Salida de 4-20 mA (3 cables)	
Fuente de alimentación	12-30VDC 5VDC 12VDC or 24VDC
Salida de señal	4-20 mA 0/1-5VDC 0-10VDC RS485
Precisión	0.25 %FS 0.5% FS (max)
Protección de ingreso	IP65
Temperatura ambiente	-40...+125°C
Estabilidad a largo plazo	≤0.2% FS °C un año
Tiempo de respuesta	<1ms

Fuente: Bell Flow System, 2021

Ya con los sensores, transductores y actuadores seleccionados, se evalúa el posicionamiento de estos dentro del proceso del agua para que puedan medir el proceso y mandar la información al PLC.

3.2.1. Diagrama de ubicación de los sensores, transductores y actuadores

En la Figura 62 se observa el diagrama de ubicación de los sensores, transductores y actuadores donde se observa que en la salida de la lámpara UV se coloca el sensor de pH, dado que el pH puede ser alto, es un sensor para controlar la dureza del agua, el sensor de conductividad, se coloca a la salida del lecho mixto para tener claridad que el filtrado no tenga impurezas, los flujómetros a la salida de la membrana para controlar el caudal del agua, y los manómetros en las salidas de la membrana y en la entrada del agua de caño, para medir y controlar la presión de ingreso al equipo.

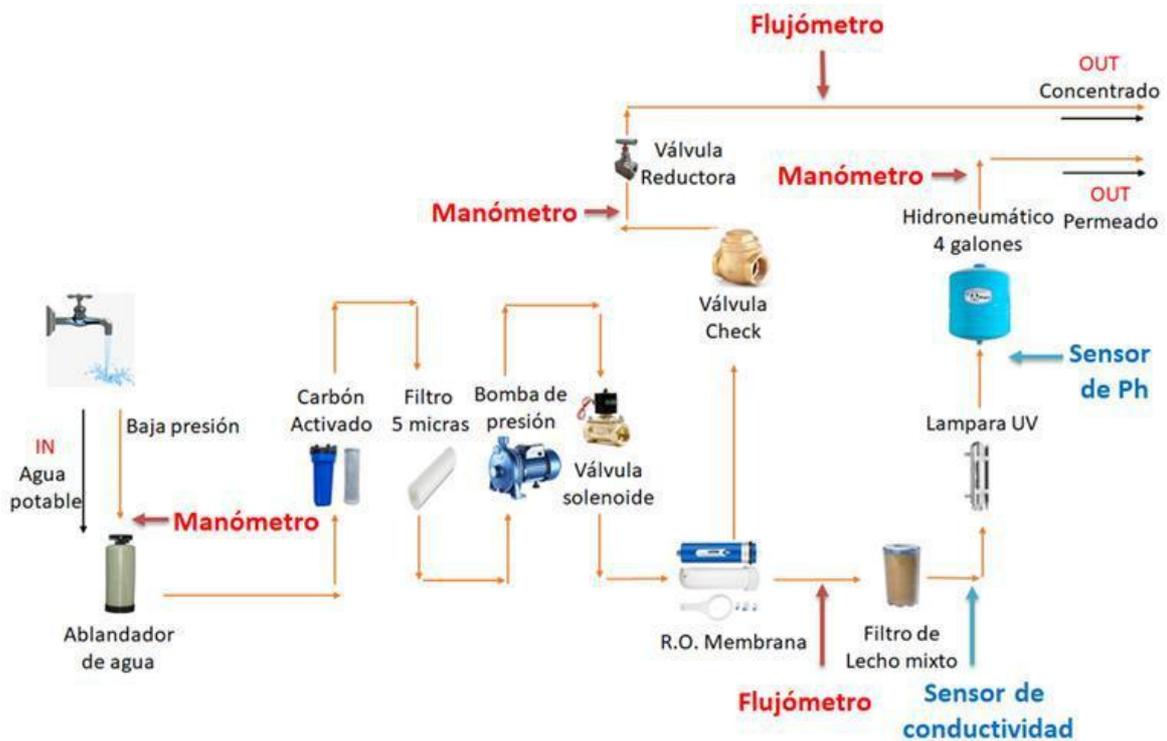


Figura 62. Diagrama de ubicación de sensores y transductores

Fuente: propia

La lógica es la siguiente, la electroválvula será el interruptor de prendido y apagado del equipo que se instalara con relé termino y Contactor, en la entrada el sensor de ph debe medir más de 6 y la presión debe estar entre los 20PSI y 40PSI como máximo, en la

salida del lecho mixto la conductividad no debe de pasar de 10uS, a la salida de la membrana en el agua de rechazo la presión debe estar entre los 150PSI y como máximo 200PSI, el flujómetro debe medir un caudal de 1.5 litros por minuto.

3.3. Programación del PLC en lenguaje Ladder

Para tener una buena lectura de la lógica del sistema, primero el diagrama se grafica el diagrama de bloques del sistema que se desea automatizar. Para luego validar el sistema propuesto.

3.3.1. Diagrama en bloques del sistema automatizado

En la Figura 63 se observa el proceso del sistema, se acondiciona dos sensores (sensor de Ph y sensor de conductividad estratégicamente montados en el equipo de osmosis inversa, el sensor de Ph se coloca entre el ingreso del agua del grifo y ablandador de agua, si el agua está por encima del parámetro, válvula solenoide se cierra hasta que se regularice el ph del agua o en su defecto se corrija el error, el sensor de conductividad, que estará ubicado entre el lecho mixto y la lámpara U.V., cuyo rango no debe pasar $10\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, el PLC tiene la tarea de controlar, medir parámetros del paso del agua a través del sistema automatizado mediante la interfaz gráfica HMI así como dar solución a las fallas suscitadas, y el manómetro que se ubica en la salida de la membrana con dirección al concentrado no debe estar mayor a 40 PSI ni menor a 20 PSI, mientras en la salida de la membrana con dirección al permeado, no debe ser mayor a 200 PSI ni menor a 150 PSI.

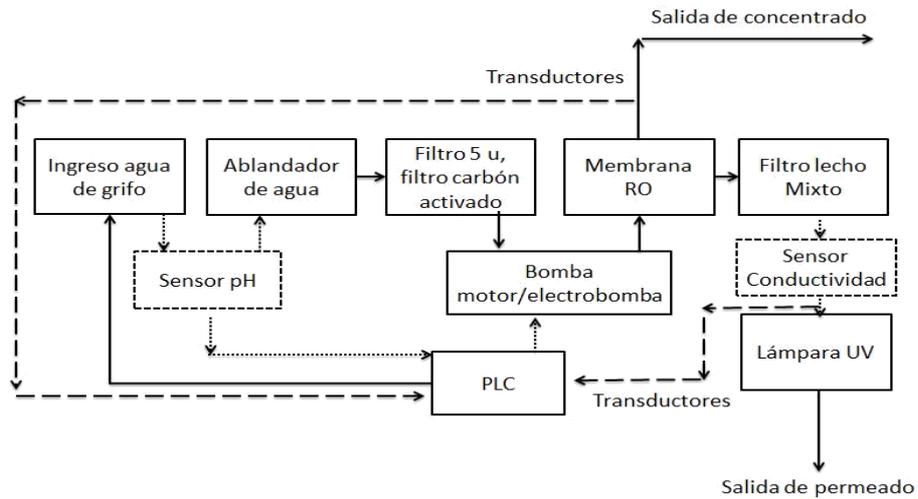


Figura 63. Diagrama en bloques del sistema de osmosis inversa automatizada Fuente:

Propia

3.3.2. Validación del sistema

Para la validación del sistema se utilizará el resultado final del agua permeada por la planta de osmosis inversa como se observa en la Figura 64, este producto final de agua tratada, será representado en la pantalla grafica HMI táctil en tiempo real desde la entrada del agua del grifo como en la salida, y también por el área de ingeniería biomédica mediante las herramientas de medición y calibración para la validación de la eficiencia y eficacia del sistema propuesto.

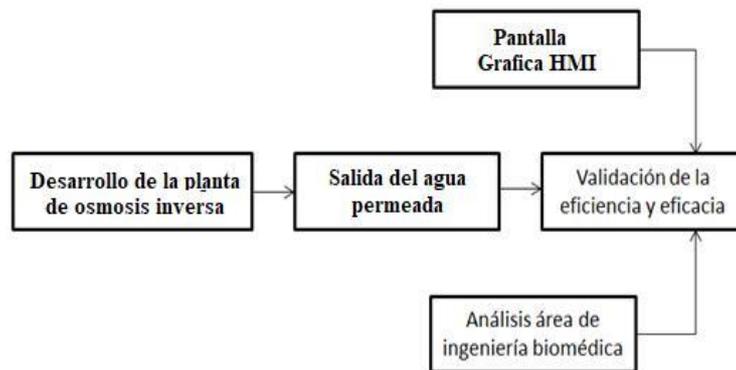


Figura 64. Validación del sistema de osmosis inversa automatizada

Fuente: Propia

3.3.3. Diagrama pictórico de la automatización

En la Figura 65 se observa el diagrama pictórico de la automatización, donde implementó un osmosis portatil inverso automatizado con PLC, donde se colocaron los sensores de pH y conductividad (determinados por la linea azul) para la medicion de los valores reales del proceso obteniendo asi el agua permeada bajo los paramatremos estándar del AAMI, tambien se realiza la interface entre los transductores de manometro y flujometro (determinados por la linea roja) para tener los valores reales en sistema, y se controla la valvula solenoide (determinada con la linea verde claro) como un encendido y apagado del sistema.

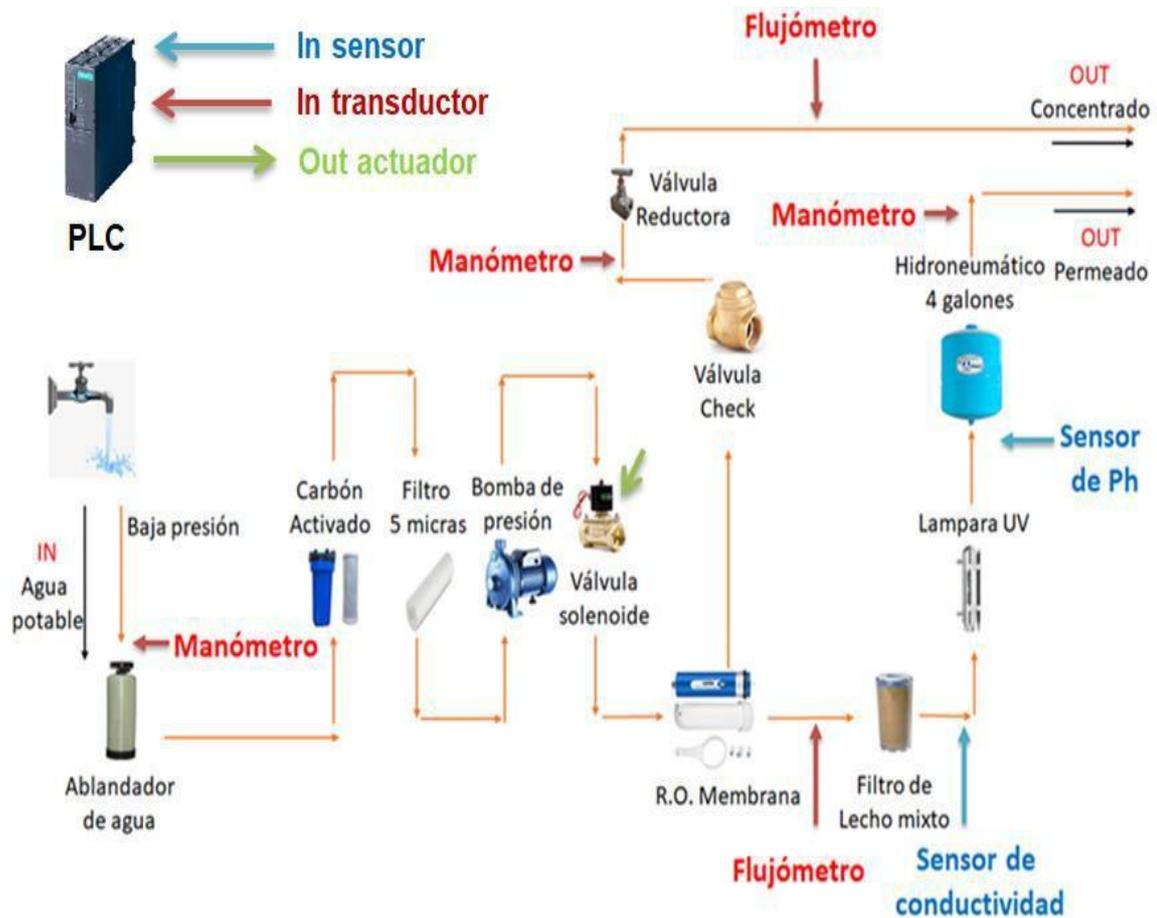


Figura 65. Diagrama pictórico de la osmosis inversa automatizada con PLC Fuente:

Propia

3.3.4. Diseño en AutoCAD del plano de control del PLC

Para ubicar y ordenar el centro de control, se diseñó en AutoCAD un plano del PLC que contiene todos sus elementos de conexión, donde se instalan los 2 interruptores, 2 fusibles, fuente de conversión de 220VAC a 24VDC, contactor, relé térmico, PLC, módulo de expansión LX3V-4AD, borneras unipolares, rieles, y parte del estructurado metálico, como se puede observar en la Figura 66, y su plano completo se adjuntó en el ANEXO 3.

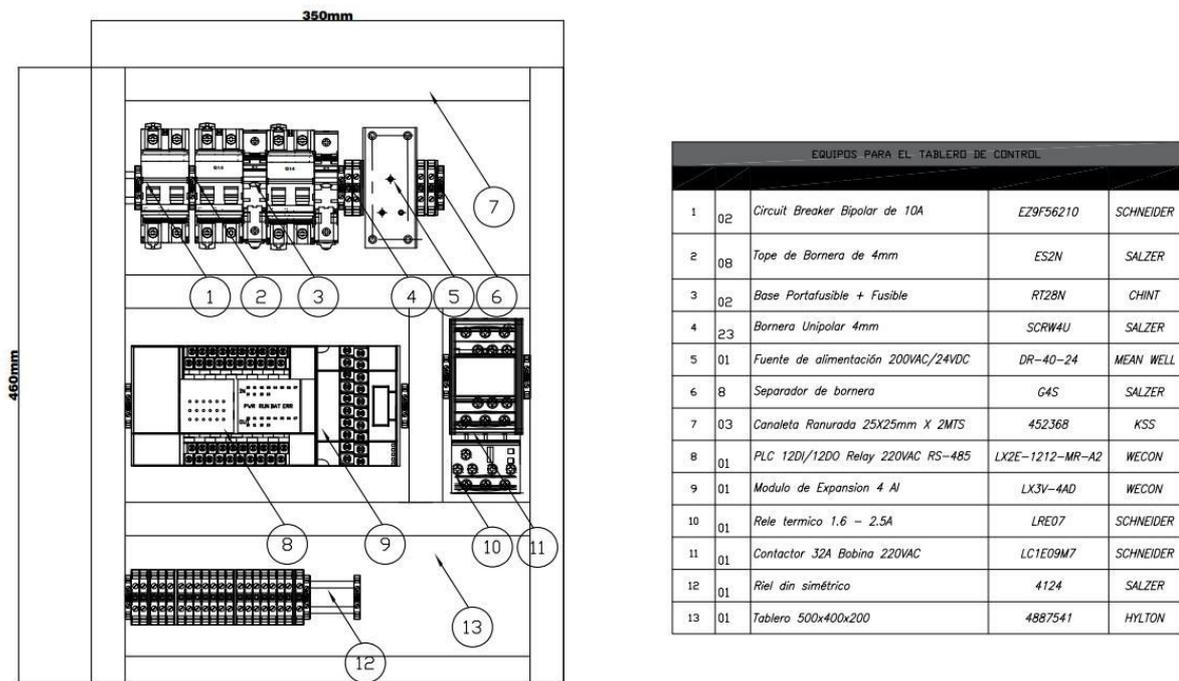


Figura 66. Diseño en AutoCAD del plano de control del PLC

Fuente: propia

3.3.5. Elección del PLC para la automatización

PLC WECON es un hardware lógico programable, es una computadora utilizada para las ingenierías de automatización, para este proyecto también se analiza otras posibilidades y para ellos se observa la Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 20 donde se observan las características de otros PLCs, entonces se eligió el PLC WECON por su flexibilidad para el acoplamiento de señales de entrada y salida, porque aporta a controlar el lazo cerrado de control, este modelo se puede actualizar haciéndolo más económico a largo plazo,

cuenta con una precisión de microsegundos, tiene una mayor capacidad de memoria que voy a usar para las configuraciones y la retroalimentaciones, y su vida útil más larga a comparación de los demás modelos que me ayudara a ser más rentable para su adquisición y durabilidad.

Tabla 18.

PLC WECON LX2E

PLC WECON LX2E		
Fuente de alimentación	AC 85-265V 50-60Hz	DC 24V ±10%
Salid de energía	DC 24V 850 mA	-----
Consumo de corriente	<35W	<30W
Tiempo de respuesta	Relé<10ms	Trans<0.2ms
Total de instrucciones	Básicas=27	Aplicadas=138
Tiempo de ejecución	Básicas=0.06 us	Aplicadas =1-10us
Interrupciones externas		6 canales
Interrupciones por timer		3 canales
Almacenamiento del sistema		16k
Puerto serial	COM1: RS422 o RS485 COM2: RS485	
Temperatura de trabajo	0-55°C	
Amplitud de ruido	1kVoltio	

Fuente: Spider Automation Technology, 2021

Tabla 19.

PLC Schneider M221 Rele Compact

PLC Schneider M221 RELE COMPACT	
Fuente de alimentación	100-240VAC
Corriente de entrada	40A
Número de entradas	24 entradas discretas
Numero de salida digital	16 rele
Consume corriente	Entre 37-67VA
Tiempo de respuesta	10ms
Almacenamiento del Sistema	256k

Puerto serial	Puerto USB – USB2.0 RJ45 RS485
Temperatura de trabajo	-10 a 55 °C

Fuente: Schneider Electric, 2020

Tabla 20.

PLC Siemens S7

PLC Siemens S7	
Fuente de alimentación	24DC – 85VAC – 264VAC
Tipo de entrada	Analogico digital
Tipo de salida	Rele o transistor
Tipo de red	Ethernet
Entradas/salidas	14/10
Tiempo de respuesta	10ms
Almacenamiento del Sistema	75k
Tipo de Puerto de comunicación	Ethernet, profinet UDP
Temperatura de trabajo	-20 a 60 °C

Fuente: Siemens, 2021

3.3.6. Implementación del PLC en tablero electrónico

Para la implementación, se usaron dos interruptores o llaves térmicas, 2 fusibles y un MDR 40-24 (Fuente) que transforma de 220 VAC a 24VDC, el primer interruptor “Q1” es la llave general de todo el sistema que alimenta al circuito con 220 VAC, el segundo interruptor “Q2” es la llave de alimentación para el circuito de 24VDC, es decir para todo el sistema de control digital, en la Figura 67 se observa los dos interruptores con su fusible de protección cada uno y al lado fuente de conversión de 24v en continua.



Figura 67. Interruptores y fuente de conversión a 24 v DC

Fuente: propia

Se usara exclusivamente el Contactor como el relé térmico para controlar y proteger la electrobomba, ya que trabaja con 220 VAC a 60 Hz, con ½ HP de potencia, entonces se usa un Contactor (K1) y un relé térmico (R1) para el control en alterna, en la Figura 68 se puede observar la conexión entre el relé térmico y el Contactor que tendrá una salida al PLC



Figura 68. Contactor y relé térmico vinculados

Fuente: propia

En la Figura 69 se observa el PLC y la expansión del módulo 4AI, esta expansión va a convertir los valores de los transductores a miliamperios de esta manera comunicarlo con el PLC y pueda ser leído como bits.



Figura 69. PLC y EXP 4AI conectados

Fuente: propia

En la Figura 70 se puede observar las borneras usadas en el tablero con el objetivo de darle un orden a las entradas y salidas del circuito, y están enumerados para que se lleve un orden adecuado.



Figura 70. Borneras para el orden

Fuente: propia

En la parte frontal del tablero que se puede observar en la Figura 71, de arriba para abajo se ha colocado la pantalla HMI donde las dimensiones ya se ha especificado tanto en las características del equipo como en el AutoCAD, también tenemos el selector que está conectada directamente con a 220 VAC y será el encargado de prender y apagar el equipo en general, la pantalla del sensor de pH y su costado puerto de inserción de USB que viene con una tapa negra para protegerla del polvo.



Figura 71. Tablero parte frontal

Fuente: propia

En la Figura 72 se puede observar las conexiones internas en la parte posterior de la puerta del tablero, el HMI está conectado con su cable poder y su cable de comunicación con el PLC, la conexión MODBUS RTU conectado mediante el cable RS485



Figura 72. Tablero parte posterior de la puerta

Fuente: propia

En la Figura 73 se observa los puertos de comunicación del PLC donde se usa el COM 2 para la comunicación MODBUS RTU con el pH-metro, con relación a los puertos S/S (conexión al negativo de los 24v), X1 y X2 (conexión al positivo de los 24v) son puertos

que por defecto se direccionan a la fuente de 24 v para configurar pertinentemente el PLC, al extremo derecho se posiciona la entrada del módulo 4AI cuya función principal es dar paso de la señal de los transductores expresado en miliamperios, en la parte inferior de izquierda a derecha se encuentra el puerto de comunicación RS 422 que se comunica con el pH-digital, hay dos puertos de conexión de 24v+ y 24v- que es la fuente de alimentación, COM0 e Y0 son las salida para el electromotor (cabe mencionar que este control pasara primero por el Contactor y relé térmico para finalmente llegar al electromotor), y COM1 e Y1 son las salidas de la electroválvula.

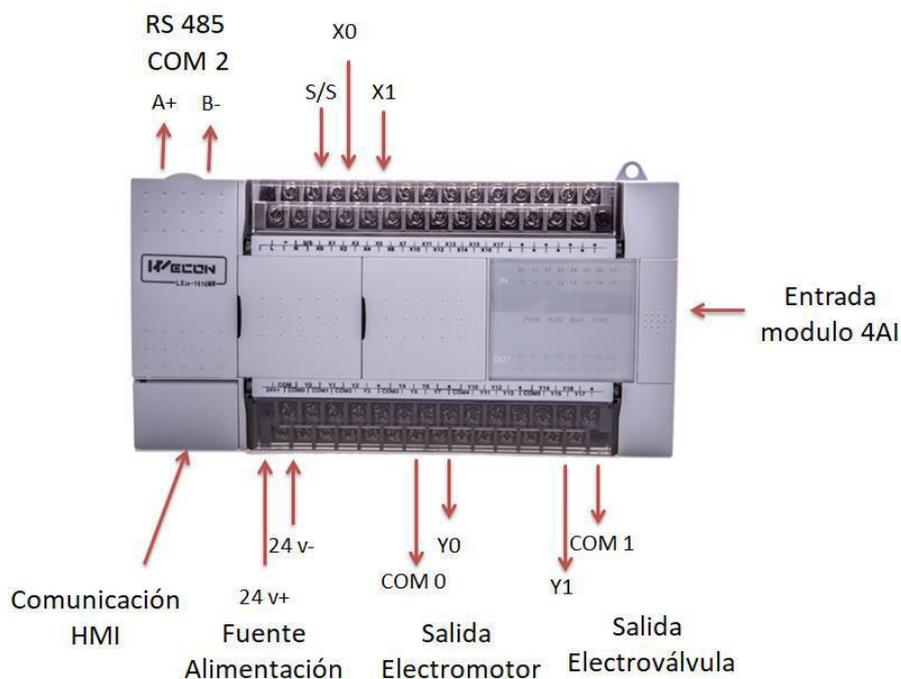


Figura 73. Esquema puertos de salida y entrada del PLC

Fuente: propia

3.3.7. Configuración del código en Ladder

En la Figura 74 se observa el registro de secuencia de trabajo del PLC, donde se desarrolla los códigos de entrada y salida del PLC de los sensores de conductividad, ph, flujo y presión. En líneas más adelante se explicara paso a paso el código implementado.

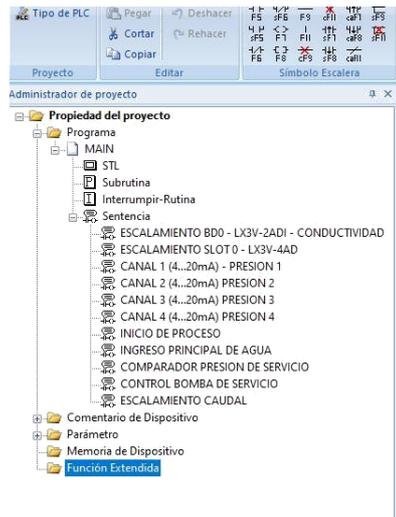


Figura 74. Registro de secuencia del código del PLC

Fuente: propia

En la Figura 75, se desarrolla el lenguaje ensamblador del PLC, en esta figura, se programa la lógica del sensor de conductividad, M8000 para resetear el canal de entrada inicial, en este caso el sensor de conductividad, luego muevo el registro del canal 1 al M8112, muevo al registro D60, luego lo convierto a un dato flotante (para que sea decimal), luego multiplico por 100 y lo guardo en el registro D64, luego lo divido por el valor 2000 y lo guardo en el registro D66 (tengo mi valor flotante), finalmente convierto el valor de flotante a entero y lo guardo en el registro D68. El sistema trabaja de 4 a 20 mA, es la razón por la cual el rango de trabajo será de 100 a 2000.



Figura 75. Programación de la conductividad

Fuente: propia

En la Figura 76 se observa la programación de la entrada de la presión 1, donde se guarda en el registro D20, para luego ser multiplicado por 100 y guardado posteriormente en el registro D22, luego se convierte en un valor flotante y se guarda en el D24, finalmente se divide entre 1000 para obtener un último valor y se guarde en D26.

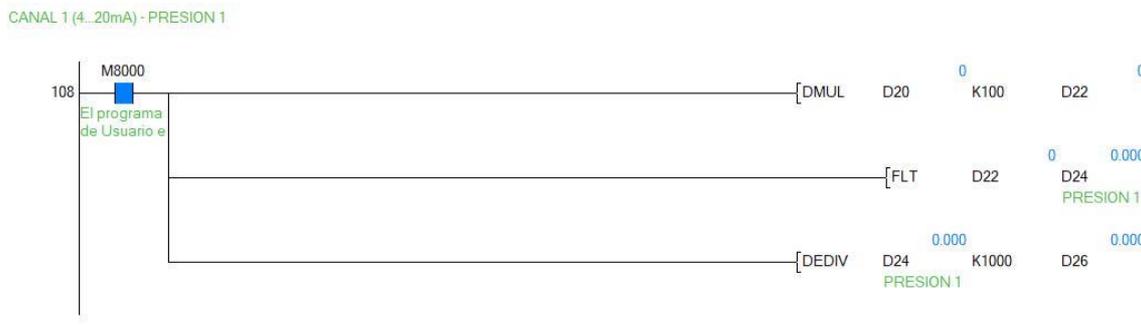


Figura 76. Programación de la presión 1

Fuente: propia

En la Figura 77 se observa la programación de la entrada de la presión 2, donde se guarda en el registro D30, para luego ser multiplicado por 100 y guardado posteriormente en el registro D32, luego se convierte en un valor flotante y se guarda en el D34, finalmente se divide entre 1000 para obtener un último valor y se guarde en D36.

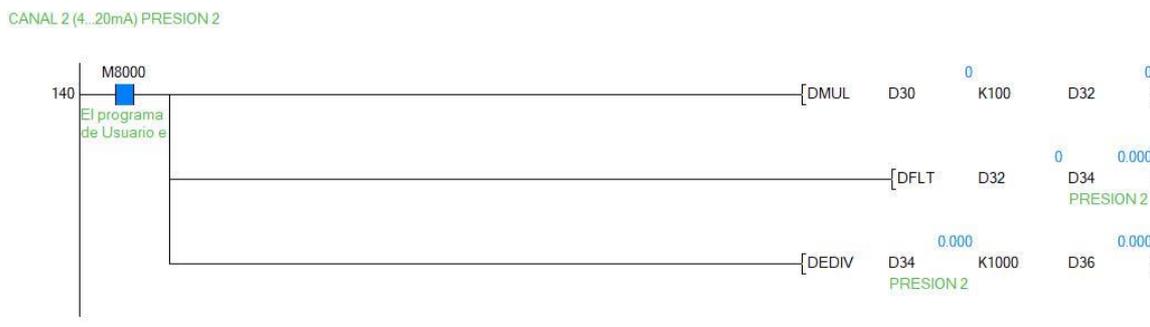


Figura 77. Programación de la presión 2

Fuente: propia

En la Figura 78 se observa la programación de la entrada de la presión 3, donde se guarda en el registro D40, para luego ser multiplicado por 100 y guardado posteriormente en el registro D42, luego se convierte en un valor flotante y se guarda en el D44, finalmente se divide entre 1000 para obtener un último valor y se guarde en D46.

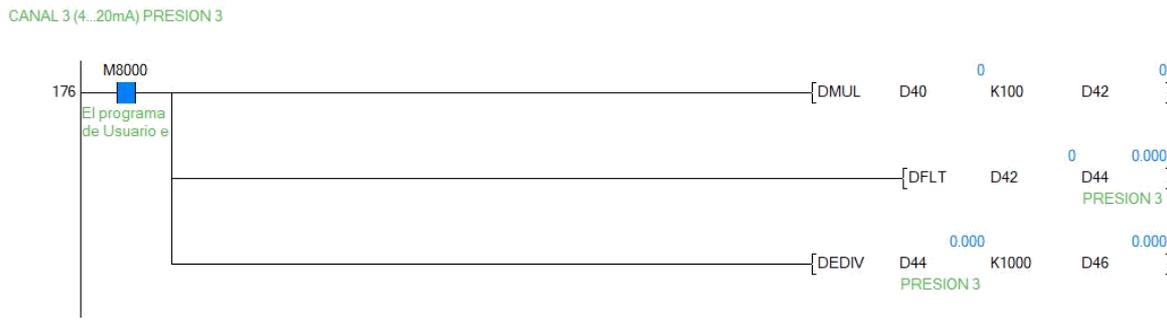


Figura 78. Programación de la presión 3

Fuente: propia

En la Figura 79, se observa en la programación una entrada abierta, donde al pulsar el botón, se cierra el proceso, este botón será implementado para apagado de emergencia, luego en la función 250, se acondiciona un interruptor cerrado, con 2 interruptores abiertos, donde se controlara el encendido y apagado del equipo.

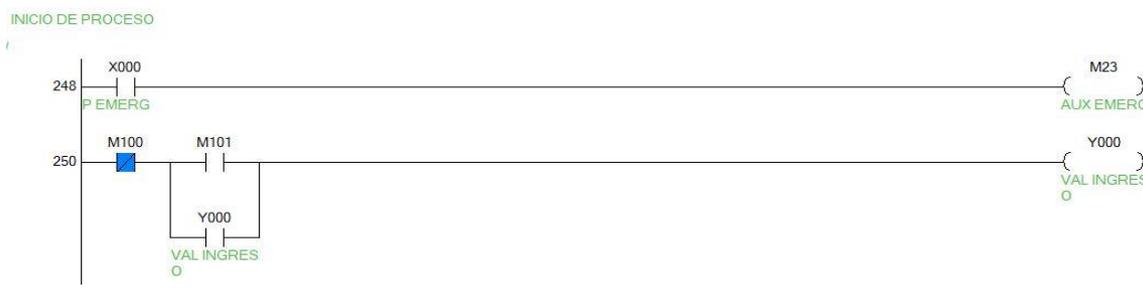


Figura 79. Inicialización del equipo y para de emergencia

Fuente: propia

En la Figura 80, la programación es basado en la comparación de valores de entrada, donde se compara la presión de entrada (D24) con la presión mínima, si disminuye la presión, el equipo se apaga, y lo mismo pasa con la siguiente instrucción, compara el valor de entrada del agua (D24) y la compara con la presión máxima, si sobrepasa, lo apaga el equipo.

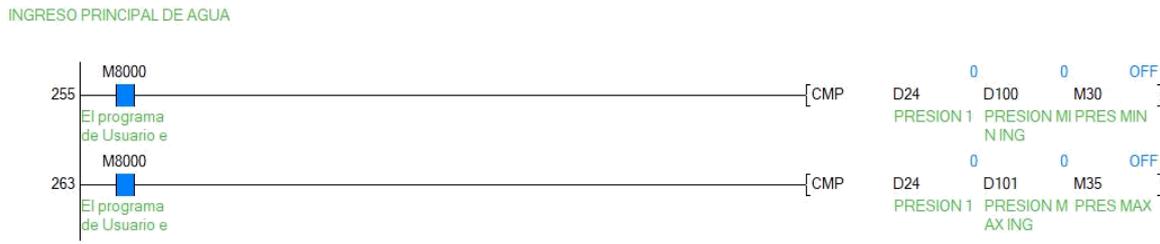


Figura 80. Ingreso principal del agua

Fuente: propia

En la Figura 81, la programación sigue la misma lógica que la figura 51, en comparar los valores de entrada, en este caso del manómetro, donde la entrada inicial (D42) será comparada con presión mínima y presión máxima, si sobre pasa este nivel, equipo se apaga.

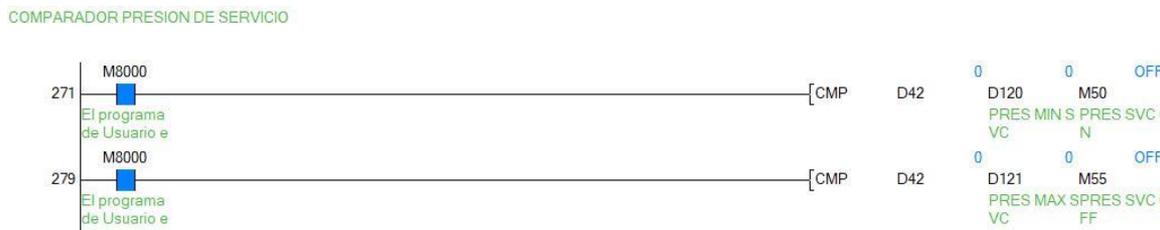


Figura 81. Comparador de presión de servicio

Fuente: propia

En la Figura 82, se procede a tener un valor de entrada con una compuerta OR, que multiplica a la presión M50 con el valor de ingreso Y000, mientras mantenga el valor permitido, bomba apagada, si falta presión, bomba prende.

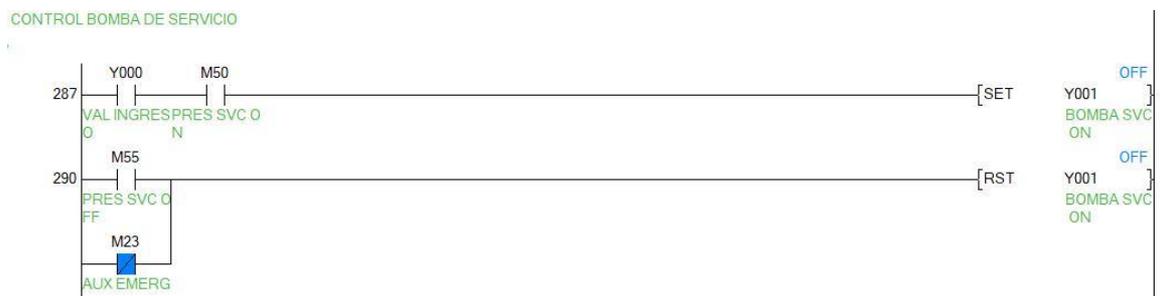


Figura 82. Control de Bomba de servicio

Fuente: propia

En la Figura 83, se programara el Flujómetro en función a un lenguaje de instrucciones, como son 2 flujómetros, se repite la instrucción, respetando el registro de acceso, Valor

entra, se multiplica por 100 y se guarda en el registro D72, luego el valor se convierte en valor flotante y se guarda en el registro D74, Finalmente divide entre 1000 y se guarda en el registro.



Figura 83. Programación del Flujómetro

Fuente: propia

En la Figura 84 se puede observar la configuración del MODBUS entre el PLC y el pH metro, entonces se comienza por H20 es el protocolo de comunicación, en la configuración del PLC, el PLC se convierte en maestro, H81 es el formato de comunicación con un Baud rate de 9600, bit de parada 1, paridad ninguna y la data bit 1, quedaría así: 10000001; H103 es el tipo de formato, donde primero leo el ID 1, el esclavo está configurado como 1 (pH metro), el 03 es la lectura (lee el registro) y se guarda en el registro de D296, H0 ya es comunicación MODBUS entonces en la dirección H0 lo muevo al registro D300 y el H1 es el valor de temperatura, usamos la longitud de datos 8 en el H1, y finalmente k200 es el timeout que debe de responder cada 200ms, sino error.

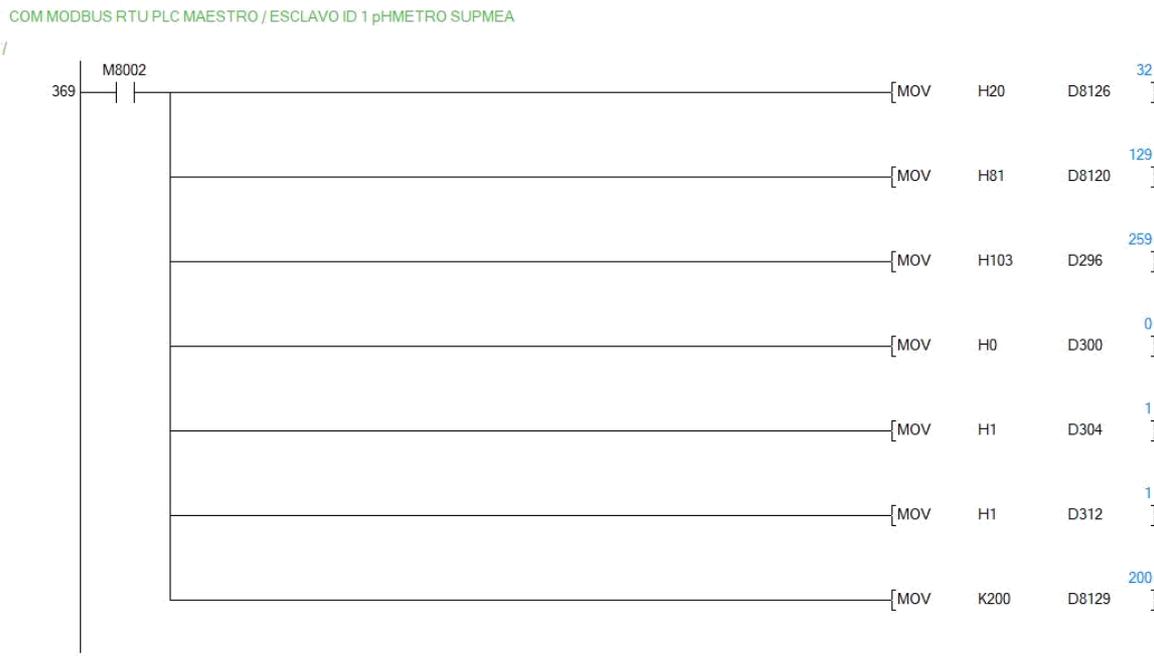


Figura 84. Comunicación MODBUS RTU PLC Maestro/Esclavo

Fuente: propia

En la Figura 85, se observa la lectura del valor del pH metro, empieza por la función RS resetea, quiero utilizar la función leer que lo guarde en el registro D296, y quiero leer el pH que lo guarde en el registro D300, y con una longitud de 8 bits dado por D312, y lo guardo en el registro D330, pero lo convierto en flotante el registro D330 y lo guardo en el registro D350, finalmente divido el registro D350 entre 100 y sale el valor final en el registro D352.

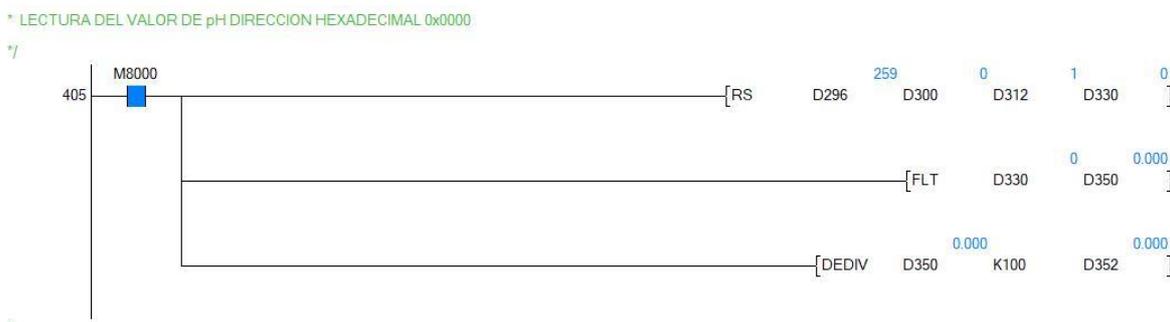


Figura 85. Lectura del valor del pH en dirección hexadecimal

Fuente: propia

En la Figura 86 se observa el procedimiento del valor de la temperatura, sigue la misma lógica de la lectura del pH metro, resetea el puerto, utilizo la función leer que lo guarde en

el registro D296, y quiero leer el pH que lo guarde en el registro D304, y con una longitud de 8 bits dado por D312, y lo guardo en el registro D334, pero lo convierto en flotante el registro D334 y lo guardo en el registro D354, finalmente divido el registro D354 entre 10 y sale el valor final en el registro D356.

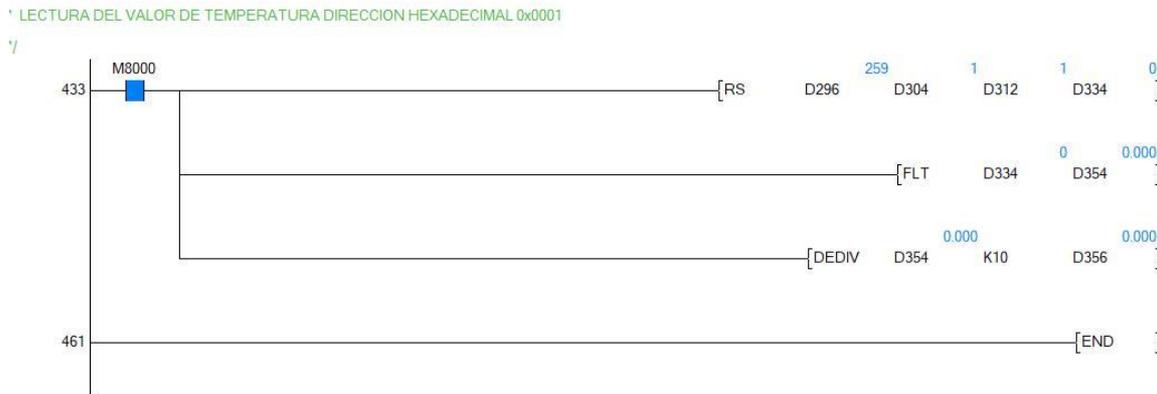


Figura 86. Lectura del valor de temperatura en dirección hexadecimal

Fuente: propia

3.4. Diseño del sistema de control digital mediante la pantalla HMI táctil

Para el diseño del sistema de control digital mediante la interfaz gráfica HMI táctil se tiene que tener en cuenta los parámetros y componentes del proceso del permeado, para aquello se muestra en la Figura 87 el diagrama pictórico de la interacción de la pantalla grafica HMI con el PLC y sus demás componentes.

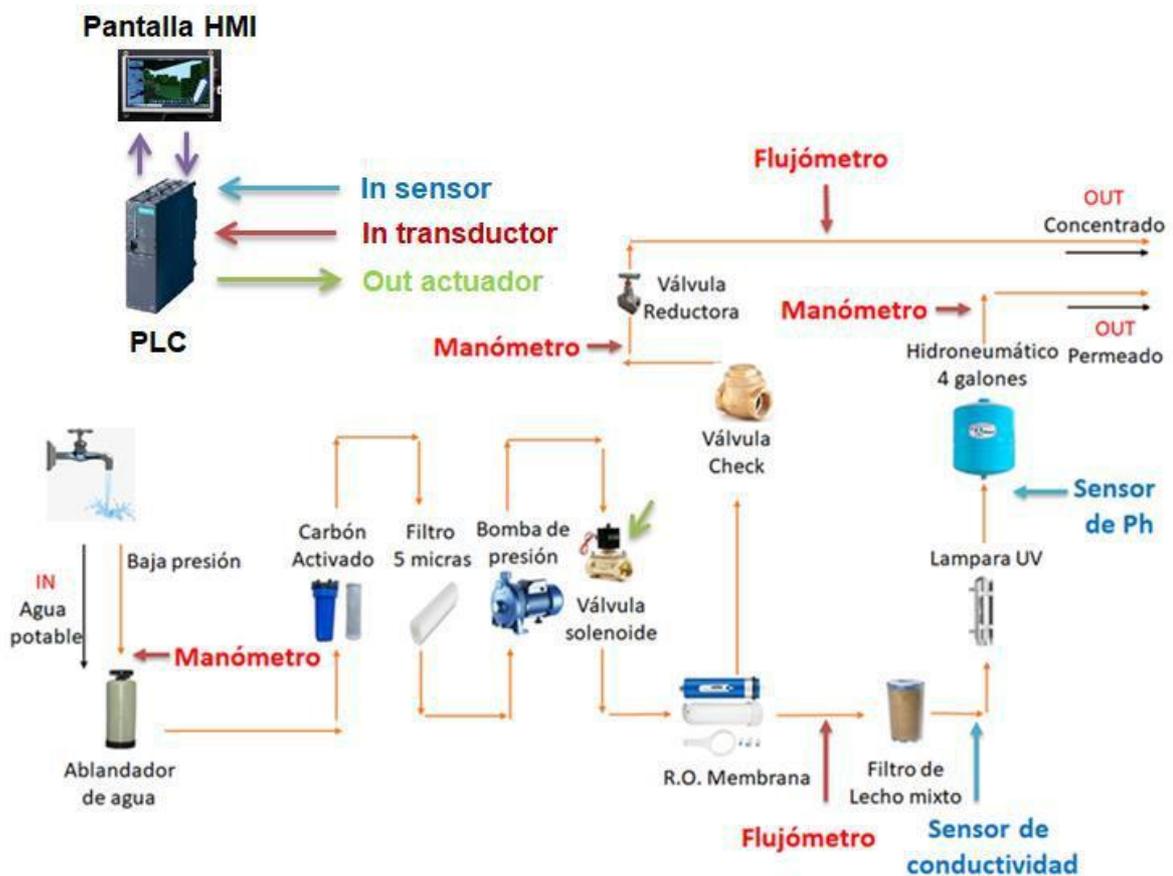


Figura 87. Diagrama pictórico del diseño de la pantalla HMI

Fuente: propia

3.4.1. Elección del HMI para la programación

Pantalla táctil HMI es un hardware que permitirá manejar y visualizar los parámetros y sensores del presente proyecto, para una mejor compatibilidad, se optó por la PI 3070i ya que el PLC también pertenece a la misma marca para lograr esta elección se comparó la Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23, , en este caso las características descritas por la hoja

técnica del equipo coinciden con lo requerido, sus dimensiones que encaja directamente con el diseño del proyecto, también por su interface de Profinet, por su capacidad de memoria requerida y porque es compatible con el software WECON PLC Editor, porque cuenta con el procesador Cortex A7 528MHz, resiste a vibraciones de 10 a 25Hz y con una humedad de 10 a 85% RH que es preciso para la manipulación del agua.

Tabla 21.

PI 3070i

PI 3070i	
Fuente de alimentación	24V DC (12 a 28V)
Procesador	Cortex A7 528 MHz
Pantalla	Tactil
Memoria	128MB
Puerto USB	USB2.0 Host y client
Temperatura	-10 a 60°C
Humedad	10 a 85% RH
Resistencia a la vibración	10 a 25Hz
Resolución	800*480

Fuente: WECON ELECTRONICS TECHNOLOGY, 2017

Tabla 22.

HMI Schneider Magelis Hmistu 655

HMI SCHNEIDER MAGELIS HMISTU 655	
Fuente de alimentación	24V DC (20.4 a 28.8V)
Corriente de entrada	30A
Procesador	CPU ARM 9
Pantalla	Tactil
Memoria	16MB
Puerto USB	USB2.0 Tipo mini B tipo A
Temperatura	-10 a 50°C
Humedad	0 a 85% RH
Resolución	320*240

Fuente: Schneider Electric, 2020

Tabla 23.

Pantalla táctil HMI Siemens de 7in

Pantalla táctil HMI Siemens de 7 in	
Fuente de alimentación	24V DC
Procesador	ARM
Pantalla	Tactil
Memoria	10MB
Puerto	RS422 RS485 USB
Temperatura	0 a 50°C
Resolución	800*480

Fuente: RS, 2019

3.4.2. Desarrollo de la interfaz grafica

Dentro de la plataforma del HMI (PIStudio), se desarrolla la interfaz de la pantalla grafica HMI táctil y se diseña de la siguiente manera:

En la Figura 88 se observa el registro de secuencia que tendrá la visualización de la pantalla HMI, son 5 etapas que se considera para el diseño.



Figura 88. Registro de secuencia de la pantalla HMI

Fuente: propia

En la Figura 89, se observa la primera inicialización del equipo donde solo tiene la presentación general del equipo con el autor que lo desarrolló, y un botón de menú principal, que al darle clic ingresará a la pantalla general de los parámetros del equipo.



Figura 89. Inicialización de la pantalla HMI

Fuente: propia

En la Figura 90 se observa ya desarrollado la plataforma de los parámetros de la pantalla HMI, donde tiene las 3 presiones, 2 flujo, conductividad y ph, donde también figura el botón de parada de emergencia y falla del motor, todos los botones y cuadros de valores, están debidamente programados con los puertos del PLC, se tomó en cuenta los registro que se les dio en la codificación del PLC para evitar confusión de puertos al ensamblarlo.



Figura 90. Parámetros de operación en la pantalla HMI

Fuente: propia

En la Figura 91, se observa diseñado un gráfico de tendencias en el HMI donde entraran los valores de presión del equipo, donde se puede configurar la señal, y se puede visualizar en tiempo real el estado de las presiones.

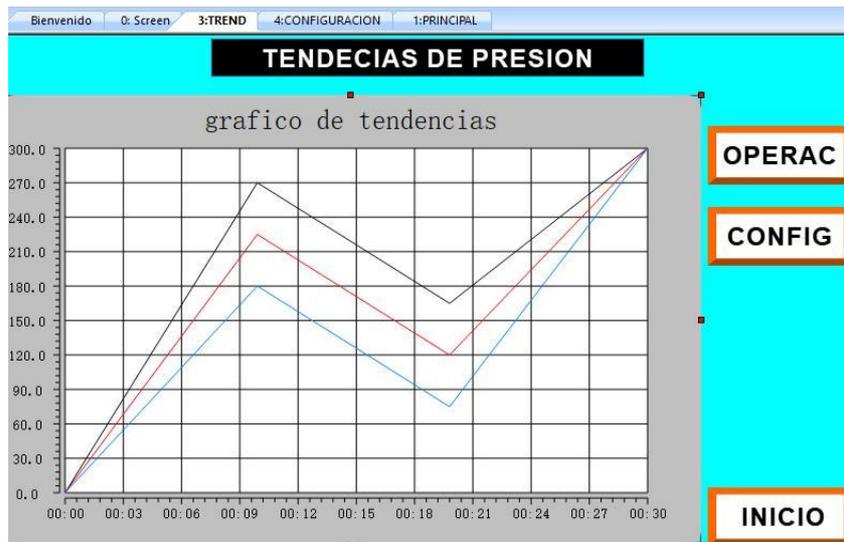


Figura 91. Tendencias de señales de presión

Fuente: propia

En la Figura 92, se visualiza las tres presiones: presión 1 de entrada, presión 2 de concentrado y la presión 3 de concentrado, también se ha creado los botones para regresar al inicio, ir al pH metro y al flujo.

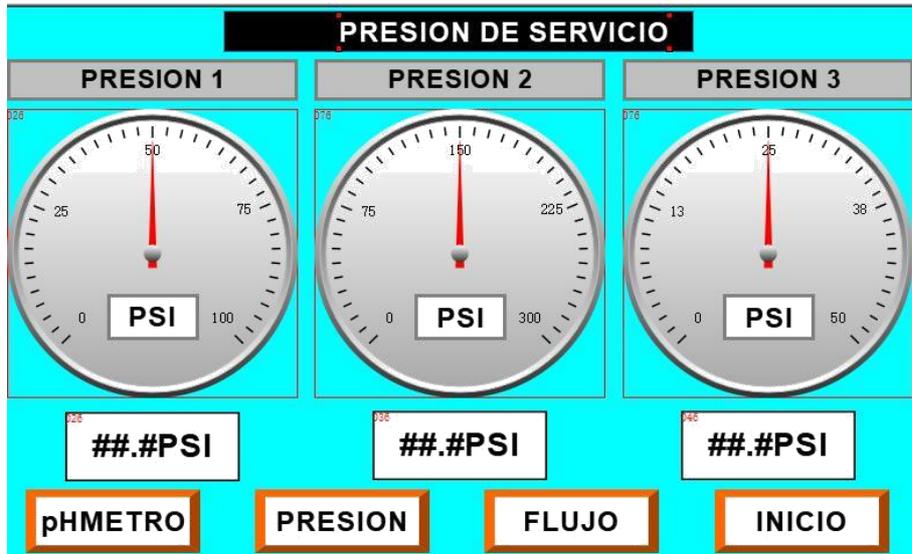


Figura 92. Presión de servicio en el HMI

Fuente: propia

En la Figura 93, se visualiza los 2 flujos a la salida de la membrana, también se ha diseñado los botones correspondientes para pasar a otra pantalla como el inicio, flujo o presión.

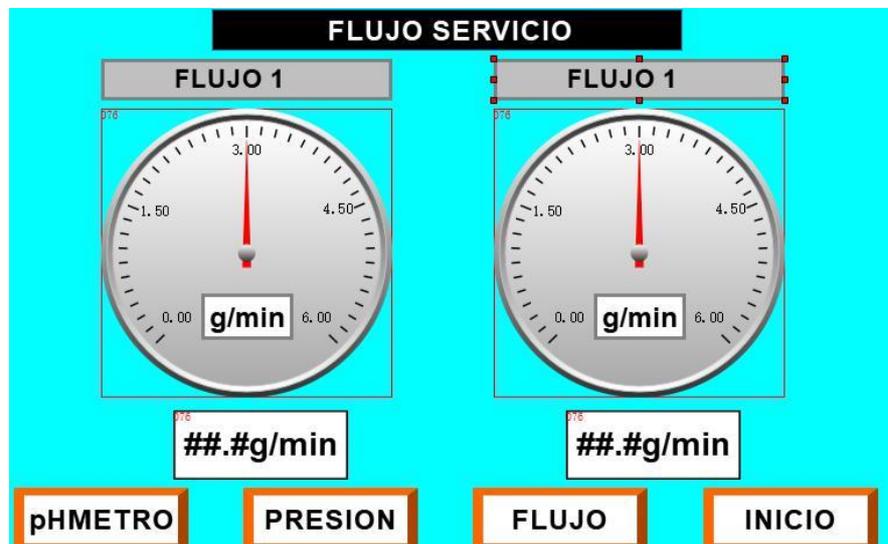


Figura 93. Flujo de servicio en el HMI

Fuente: propia

En la Figura 94 se observa el nivel del pH y la temperatura adquirida del mismo sensor, donde le acondiciona los niveles del pH, alcalino, neutro y ácido, también se observa la lectura del pH en digital y en analógico.



Figura 94. Nivel de pH en el HMI

Fuente: propia

En la Figura 95 se observa la interfaz para descargar del equipo la información de reporte de los sensores y transductores, en el botón de “descargar reportes” se puede descargar en formato Excel en un USB para luego ver las incidencias o en graficas del trabajo del equipo.

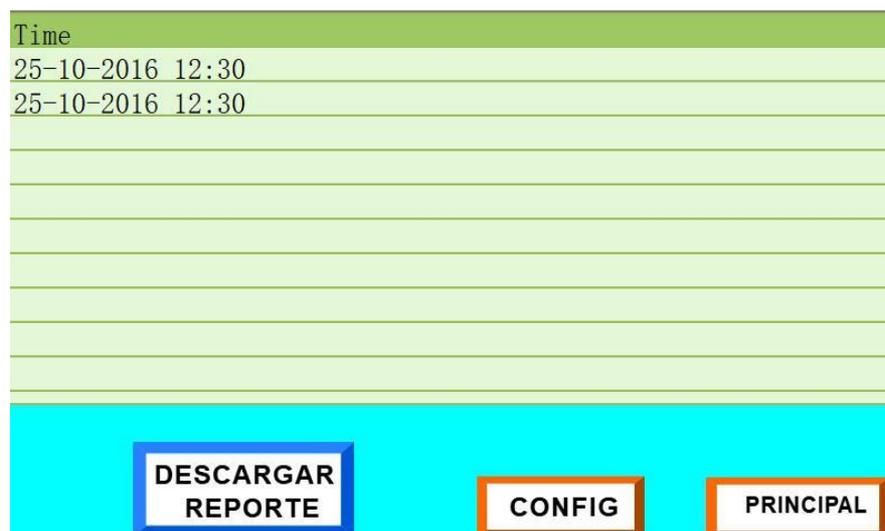


Figura 95. Reporte del HMI de los sensores y transductores

Fuente: propia

CAPITULO 4

RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

En el área de UCI del Hospital Daniel Alcides Carrión hay pacientes con ERC, como se muestra en la Tabla 24, se muestra que hay 8 pacientes de las cuales 5 son hombres y 3 mujeres, de los cuales 4 pacientes varones acceden al tratamiento de diálisis y 1 paciente no por diversos motivos (pacientes críticos, saturación del equipo, etc.), lo mismo pasa con la diálisis de las pacientes femeninas, donde se observa 3 pacientes de las cuales 2 son dializadas y una no tiene acceso a la diálisis.

Tabla 24.

Cuadro Estadístico I Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa

Cuadro Estadístico I Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Portátil en el Hospital Daniel Alcides Carrión 2021					
N°	Área	Genero	Cama	Pacientes Dializados	Pacientes sin Dializar
1	UCI	Hombres	5	4	1
2	UCI	Mujeres	3	2	1
3	TOTAL		8	6	2

Fuente: Propia

Con el desarrollo del equipo y puesta a prueba de funcionamiento, se puede observar en la Tabla 25 en el área de UCI de los 8 pacientes de ERC, se logró desarrollar la diálisis correctamente a todos los pacientes, dejando en 0 a pacientes sin dializar.

Tabla 25.*Cuadro Estadístico II Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa*

Cuadro Estadístico II Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Portátil en el Hospital Daniel Alcides Carrión 2021					
N°	Área	Genero	Cama	Pacientes Dializados	Pacientes sin Dializar
1	UCI	Hombres	5	5	0
2	UCI	Mujeres	3	3	0
3	TOTAL		8	8	0

Fuente: Propia

Ahora con las referencias de los cuadros anteriores, podemos hacer un análisis porcentual del total de pacientes dializados como se muestra en la Tabla 26 para saber en qué estado se encontraba el hospital Daniel Alcides Carrión con respecto a los pacientes de ERC.

Tabla 26.*Cuadro Porcentaje I Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa*

Cuadro de Porcentaje I Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Portátil en el Hospital Daniel Alcides Carrión 2021		
Pacientes Total	8	100%
Pacientes Dializados	6	75%
Pacientes sin Dializar	2	25%

Fuente: Propia

Con el desarrollo del equipo puesta en marcha, como se observa en la Tabla 27, se alcanzó a dializar a los 8 pacientes de UCI sin dejar a ninguno sin atención, la comparación de los cuadros del antes y después se puede notar una mejora significativa.

Tabla 27.*Cuadro Porcentaje II Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa*

Cuadro de Porcentaje II Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Portátil en el Hospital Daniel Alcides Carrión 2021		
Pacientes Total	8	100%
Pacientes Dializados	8	100%
Pacientes sin Dializar	0	0%

Fuente: Propia

Fuera de UCI también se realiza diálisis de pacientes ambulatorios, que son programados previa cita, a continuación se muestra la Tabla 28 de pacientes atendidos ambulatoriamente y pacientes que perdieron su atención.

Tabla 28.*Cuadro Estadístico III Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa*

Cuadro Estadístico III Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Portátil En El Hospital Daniel Alcides Carrión 2021					
Nº	Área	Género	Cita por Día	Dializados	Sin Dializar
1	5to Piso Área Diálisis	Hombres	7	4	3
2	5to Piso Área Diálisis	Mujeres	5	3	2
3	TOTAL		12	7	5

Fuente: Propia

Con el equipo implementado y puesta en funcionamiento, se logró bajar el índice de pacientes sin dializar, dando una mejora en la calidad de los pacientes de ERC como se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29.*Cuadro Estadístico IV Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa*

Cuadro Estadístico IV Después De Desarrollar el Equipo de Osmosis Portátil en el Hospital Daniel Alcides Carrión 2021					
N°	Área	Género	Cita por Día	Dializados	Sin Dializar
	5to Piso				
1	Área	Hombres	7	7	0
	Diálisis				
	5to Piso				
2	Área	Mujeres	5	5	0
	Diálisis				
3	TOTAL		12	12	0

Fuente: Propia

Ahora con las referencias de los cuadros anteriores sobre la atención de pacientes ambulatorios podemos hacer un análisis porcentual del total de pacientes dializados como se muestra en la Tabla 30 para saber en qué estado se encontraba el hospital Daniel Alcides Carrión antes del desarrollo del equipo de osmosis inversa con respecto a los pacientes de ERC.

Tabla 30.*Cuadro Porcentaje III Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa*

Cuadro de Porcentaje III Antes de Desarrollar el Equipo de Osmosis Portátil en el Hospital Daniel Alcides Carrión 2021		
Pacientes Total	12	100%
Dializados	7	60%
Sin Dializar	5	40%

Fuente: Propia

Con el desarrollo del equipo puesta en marcha, los pacientes de ERC, presentan mejoría con respecto a su atención, bajando a un 0% de pacientes sin dializar, y subiendo el índice de satisfacción a un 100% de pacientes con ERC con respecto a la Tabla 31.

Tabla 31.*Cuadro Porcentaje IV Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Inversa*

Cuadro De Porcentaje IV Después de Desarrollar el Equipo de Osmosis Portátil en el Hospital Daniel Alcides Carrión 2021		
Pacientes Total	12	100%
Dializados	12	100%
Sin Dializar	0	0%

Fuente: Propia

En la Tabla 32 se muestra los resultados finales, mostrando el incremento de resultados a favor del paciente con ERC, los cuales son resultados favorables tanto en hombres como mujeres.

Tabla 32.*Resultado Finales del Porcentaje de Incremento Total*

Resultados Finales	
Incremento de Pacientes Hombres Dializados en Uci	20%
Incremento de Pacientes Mujeres Dializadas en Uci	33%
Incremento de Pacientes Hombres Dializados Ambulatoriamente	43%
Incremento de Pacientes Mujeres Dializados Ambulatoriamente	42%

Fuente: Propia

4.2. Pruebas

4.2.1. Pruebas del equipo físico terminado

En la Figura 96 se observa la parte frontal del case del PLC ya instalado todos sus componentes electrónicos necesarios como las llaves térmicas, PLC, relé térmico, Contactor, borneras, etc. El case se encuentra abierto y esta enlazado con el osmosis mecánico – hidráulico



Figura 96. Equipo PLC terminado parte frontal

Fuente: propia

En la Figura 97 se observa la parte frontal del equipo ya terminado, donde se puede apreciar la pantalla grafica HMI, el selector que prendera el equipo en general, la pantalla digital del pH-metro, dispositivo de salida del USB, y en la parte inferior, los flujómetros y manómetros analógicos, y a su costado el conductivimetro.



Figura 97. Equipo de Osmosis portátil vista frontal

Fuente: propia

4.2.2. Pruebas con el simulador

Para realizar las pruebas con el simulador, se tuvo que abrir tanto el programa WECON PLC EDITOR como el PIStudio y conectarlo directamente al PLC WECON LX2E, de esta manera tanto el Ladder como la interfaz gráfica del simulador se pueden trabajar en simultaneo

En la Figura 98, se observa la simulación entre el Ladder del PLC y la pantalla grafica HMI en tiempo real, simulando los valores de entrada permitidos como los rangos máximos y mínimos, la simulación fue exitosa. Cabe mencionar que los transductores como los sensores fueron implementados y probados también con la interfaz, obteniendo resultados iguales que cuando miden con equipos de medición.

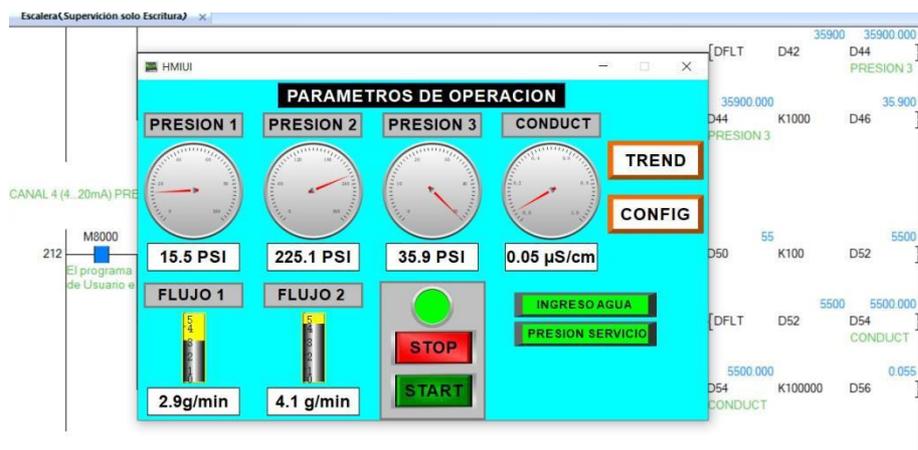


Figura 98. Simulación del HMI con el PLC

Fuente: propia

Se procede a hacer algunas pruebas con el equipo y sus interfaces desarrolladas.

Se procede a probar ahora el sensor de pH, en la Figura 99 se observa el monitor del sensor de pH con un valor inicial de 00 pH al igual que la Figura 100 que muestra la pantalla HMI en simulación con valor inicial de 00 Ph los cuales serán de referencia para saber si el sensor de pH lee valores en un tiempo inicial sin agua, en la Figura 101 se muestra la puesta del sensor de pH en el agua para medir el valor del pH, después de

introducir el sensor dentro del agua, se observa en la Figura 102 la señal del pH captada por el HMI dando con un valor de 6.72 pH a 25.8°C (también está programado para registrar y leer la temperatura en paralelo) y también se observa el mismo resultado en la Figura 103 en la pantalla del sensor de pH con un valor de 6.72 pH a 25.8°C , con lo que se concluye, que la pantalla HMI está tomando valores reales en simultaneo con la pantalla del sensor de pH.



Figura 99. Simulación de la pantalla del sensor pH

Fuente: propia



Figura 100. Simulación de la pantalla HMI en valor inicial

Fuente: propia



Figura 101. Sensor de pH puesto en funcionamiento

Fuente: propia



Figura 102. Valor del sensor de pH en tiempo real

Fuente: propia



Figura 103. Valor en simultáneo con la pantalla HMI

Fuente: propio

En la Figura 104 se observa el HMI en interacción con el PLC y también se hace uso de un equipo generador de corriente para simular la prueba de funcionamiento de los

transductores, generando pequeñas emisiones de corriente en el orden de los miliamperios de esta manera visualizando en la interfaz gráfica el incremento de la presión y por último, en la Figura 105 se observa valores en los manómetros digitales que son resultado del generador de corriente.



Figura 104. PLC interactuando con el HMI

Fuente: propia



Figura 105. Equipo terminado e implementado de Osmosis Inversa

Fuente: propia

4.2.3. Pruebas con el paciente

Se realizó un tratamiento de hemodiálisis a domicilio para una paciente de tercera edad, para lo cual se trasladó el equipo de osmosis portátil automatizado junto con un equipo de hemodiálisis, en la Figura 106 se observa al encargado que ya encendió la maquina e hizo las conexiones entre el equipo de osmosis portátil automatizado (proyecto) y listo para su funcionamiento y a su lado la paciente a quien se le va a realizar la hemodiálisis, en la Figura 107 se observa el equipo de hemodiálisis encendido con su filtro dializador ya colocado y está conectado con el osmosis a través de la salida del agua del permeado.



Figura 106. Equipo de Osmosis acondicionado para funcionamiento

Fuente: propia



Figura 107. Equipo de Hemodiálisis y Osmosis portátil interconectados

Fuente: propia

En la Figura 108 se observa la pantalla grafica del equipo de hemodiálisis en funcionamiento, donde se puede observar el tiempo transcurrido de la diálisis, la presión arterial, la presión venosa, el volumen del agua de ingreso, etc., cabe mencionar que se encuentra trabajando en tiempo real con la paciente en tratamiento.



Figura 108. Pantalla táctil del equipo de Hemodiálisis en funcionamiento

Fuente: propia

En la Figura 109 se observa la pantalla grafica del equipo de osmosis portátil inversa trabajando en tiempo real con el equipo de hemodiálisis y en puesta a prueba con una paciente, se observa que está midiendo los parámetros de presión digitalmente, cabe mencionar que la presión de ingreso en ese momento fue de 4 PSI debido al bajo caudal que tiene una red doméstica de agua, y el ph-metro es de 7.24 valor permitido dentro de las normas internacionales, se observa que la bomba está en funcionamiento.



Figura 109. Pantalla táctil del equipo del Osmosis en funcionamiento

Fuente: propia

En la Figura 110 se observa la pantalla grafica en la etapa de configuración, donde se le da rangos de trabajo, para efectos prácticos del trabajo, dado que el caudal era de baja presión, se configuro la entrada del agua con un valor de 0 PSI para que cargara el agua al inicio del proceso y luego se reestableciera los parámetros, esta configuración demuestra que se puede brindar rangos al equipo dependiendo del lugar donde se va a dializar.



Figura 110. Configuración de parámetros en tiempo real

Fuente: propia

En la Figura 111 se observa que los valores que obteniendo el equipo en el proceso de purificación del agua, se han ido guardado y registrando en la data del HMI, de esta manera al terminar el proceso de la hemodiálisis, se puede descargar el reporte para ver las incidencias de trabajo, en este caso se puede observar que el pH es de 7.2 y es constante y la temperatura es de 22.7 °C, corroborando que se está trabajando dentro de los parámetros establecidos.

RECHAZO	INGRESO	pH	TEMPERATURA
3.7	0.0	7.2	22.7
3.7	0.0	7.2	22.7
3.7	0.0	7.2	22.7
3.7	0.0	7.2	22.7
3.7	0.0	7.2	22.7
3.7	0.0	7.2	22.7
3.8	0.0	7.2	22.7
3.7	0.0	7.2	22.7
3.7	0.0	7.2	22.8
3.7	0.0	7.2	22.8

Figura 111. Descarga de reporte en tiempo real

Fuente: propia

En la Figura 112 se observa el personal de trabajo que realizo la hemodiálisis, en la parte derecha la licenciada quien superviso y guio la estabilidad de la paciente en el proceso, la paciente que dio su autorización para que se pueda evidenciar a través de fotos y videos el funcionamiento del equipo, y en el lado izquierdo las personas encargadas del traslado y monitoreo constante de los equipos biomédicos, se trabajó bajo los protocolos establecidos dada la coyuntura de la pandemia, dando como resultado una hemodiálisis exitosa.



Figura 112. Personal a cargo con los protocolos de seguridad

Fuente: propia

4.3. Análisis de costos y presupuestos

4.3.1. Análisis de presupuesto

A continuación se mostrará en la siguiente Tabla 33 los requerimientos entre accesorios y componentes para la implementación del equipo del osmosis inverso desde los filtros, membranas, hidroneumático, ablandador, etc, y en la Tabla 34 se adicionará toda la parte electrónica desde el PLC, HMI, transductores, sensor, Contactador, relé termino, donde se especificara en ambas tablas la marca, la cantidad y el precio de cada componente a usar, en el anexo 1 se muestra la cotización de la parte mecánica, y en el anexo 2 la cotización de la parte electrónica.

Tabla 33.*Accesorios y Componentes de Implementación de la Osmosis Inversa*

Accesorios y Componentes para La Implementación del Osmosis				
Glosa	Marca	Cantidad	P. Unitario	P. Total
PORTA FILTROS	HIDRONIX	3	S/. 64.00	S/. 192.00
FILTRO DE 5UM	HIDRONIX	1	S/. 24.00	S/. 24.00
FILTRO DE CARBÓN ACTIVO	HIDRONIX	1	S/. 40.00	S/. 40.00
FILTRO LECHO MIXTO	IONAC	1	S/. 64.00	S/. 64.00
PORTA MEMBRANA	HIDRONIX	1	S/. 392.00	S/. 392.00
MEMBRANA	CSM	1	S/. 800.00	S/. 800.00
VÁLVULA SOLENOIDE 220 VOLTIOS		1	S/. 240.00	S/. 240.00
MANÓMETRO 0 A 100	HIDRONIX	2	S/. 88.00	S/. 176.00
MANÓMETRO DE 0 A 300	HIDRONIX	1	S/. 88.00	S/. 88.00
FLUJÓMETRO 1.5G	HYDRONIX	2	S/. 160.00	S/. 320.00
MINICONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		1	S/. 500.00	S/. 500.00
BOMBA MOTOR MONOFÁSICO	MARATHON			
ALTA TENSIÓN DE ½ HP	MOTOR	1	S/. 1.600.00	S/. 1.600.00
ELECTRO VALVULA ACERO INOXIDABLE		1	S/. 240.00	S/. 240.00
LÁMPARA UV	HIDROTEK	1	S/. 304.00	S/. 304.00
HIDRONEUMÁTICO DE 4G	HIDROTEK	1	S/. 200.00	S/. 200.00
VÁLVULA REDUCTORA TIPO AGUJA		1	S/. 80.00	S/. 80.00
EQUIPO ABLANDADOR	HIDROCYR	1	S/. 1.400.00	S/. 1.400.00
ESTRUCTURA METÁLICA ACERO INOXIDABLE		1	S/. 1200.00	S/. 1.200.00
KIT DE ACCESORIOS VARIOS		1	S/. 400.00	S/. 400.00
			SUB TOTAL	S/. 8,260.00
			IGV	S/. 1,486.80
			TOTAL	S/. 9,746.80

Fuente: propia

Se eligieron estos accesorios debido a su garantía y su eficiencia, cumple con los parámetros establecidos con el protocolo de pruebas referencial de una planta de tratamiento dictaminado por la norma ISO/ AAMI 13959 (USA) con modificaciones menores, son accesorios con precios no tan elevados y la adquisición de estos accesorios ayudara a implementar el diseño propuesto como proyecto.

Tabla 34.*Accesorios y Componentes para la Implementación de la Automatización*

Accesorios y Componentes para el Desarrollo de la Automatización				
Glosa	Marca	Cantidad	P. Unitario	P. Total
PLC WECON LX2E SERIES 12DI / 12DO RELE 24VDCRS485 PANEL DE CONTROL	WECON	1	S/. 322.03	S/. 322.03
TACTIL HMI 7 PULG. RS232 / RS485 RS485 COMPACTO MICRO USB	WECON	1	S/. 554.76	S/. 554.76
TRANSDUCTOR DE PRESION 0-10 BAR SAL 4- 20MA 1/4 NPT MACHO 24VDC	SUPMEA	2	S/. 220.34	S/. 440.68
EXPANSION ENTRADAS ANALOGICAS 4AI 0/4...20mAALIMENTACION 24VDC	WECON	1	S/. 395.76	S/. 395.76
TRANSDUCTOR DE PRESION 0-25 BAR (367 PSI) SAL 4-20MA 1/4 NPT MACHO 24VDC	SUPMEA	1	261.02	261.02
MEDIDOR DE PH RANGO 0- 14PH SAL RELE / 4...20mA				
RS-485 220VAC 96*96MM ORP -1000mV ~	SUPMEA	1	S/. 261.02	S/. 261.02
SENSOR DE PH RANGO 0- 14pH, TIPO PLASTICO, PARA PISCINA, AGUAS RESIDUALES, ETC. TEMP 0	SUPMEA	1	S/. 435.59	S/. 435.59
CABLE DE COMUNICACION	WECON	1	S/. 222.04	S/. 222.04
PLC-HMI RS422 3MT FUENTE DE ALIMENTACION 100...240VAC SAL 24VDC 2.5A60W 1NO	MEAN WELL	1	S/. 33.90	S/. 33.90
EXPANSION DE ENTRADAS ANALOGICAS 2AI 4-20mA MONTAJE FRONTAL	WECON	1	S/. 139.83	S/. 139.83
			SUBTOTAL	S/. 2.978.66
			IGV	S/. 536.16
				S/. 3.514.82

Fuente: propia

A este presupuesto se le tiene que sumar la compra de accesorios para la puesta en caja metálica con sus rieles, que es un aproximado de 300 soles, finalmente la suma en inversión de la parte electrónica es de S/. 3,814.82 soles.

4.3.2. Análisis de costos

Ya teniendo el presupuesto final de todos los componentes requeridos, entonces la sumatoria del diseño de la osmosis más la sumatoria del diseño de la automatización tiene una suma de S/. 13,561.62 soles

Los equipos de osmosis portátil inversa en el mercado oscilan entre los 3500 dólares a 4500 dólares, multiplicándolo por el costo del dólar de 3.74 soles (SUNAT, 2021), el precio de las osmosis portátiles inversa sin automatizar están costando entre S/. 13,000.00 a S/. 17,000.00, y las osmosis portátiles inversas automatizadas están entre 5000 dólares y 6000 dólares, que transformándolo a la moneda nacional, estaría entre S/. 18,500.00 y S/. 22,000.00.

Si observamos las cifras, el costo del desarrollo del proyecto es similar al costo de los equipos de osmosis sin automatizar, donde se puede deducir que: hay una diferencia de por lo menos S/. 5,000.00 entre el equipo automatizado de este proyecto frente al equipo ya ensamblado y automatizado por empresas grandes.

Para la estimación y ahorro en la compra de los equipos, se trabajara con una aproximación en el punto medio de cada presupuesto:

Estimando:

Equipo automatizado desarrollado (proyecto)	= S/. 13,561.62
Equipo osmosis Mecánico Hidráulico	= S/. 15,000.00
Equipo automático industrial	= S/. 20,000.00

En la Tabla 35 se observa una estimación de costo entre el equipo desarrollado y los equipos ensamblados de empresas, a comparación del equipo que solo es un osmosis portátil mecánico hidráulico con el equipo de osmosis automatizado (proyecto), los precios de diferencia es mínima, pero con la ventaja que el equipo desarrollado posee la parte automatizada, y si se compara con equipos de osmosis automatizados en el mercado, se observa una gran diferencia de costo.

Tabla 35.

Estimación de Adquisición de Equipos por Cantidad

Tipo de Equipo	X1 Equipo	X2 Equipos	X3 Equipos	...	X10 Equipos
Equipo Osmosis					
Automatizado (Proyecto)	S/. 13,561.62	S/. 27,123.24	S/. 40,684.86	...	S/. 135,616.20
Equipo Osmosis Mecánico Hidráulico	S/. 15,000.00	S/. 30,000.00	S/. 45,000.00	...	S/. 150,000.00
Equipo Osmosis Automatizado (Empresa)	S/. 20,000.00	S/. 40,000.00	S/. 60,000.00	...	S/. 200,000.00

Fuente: Propia

En la Figura 113 se observa una gráfica lineal de proyección según la cantidad por precio del equipo, dando a conocer, que el proyecto desarrollado del osmosis, sigue siendo más económico, este grafico es de importancia debido a que en los requerimientos de que hace un hospital en requerimientos de equipos de osmosis automatizadas o mecánica hidráulico, si se proyecta comprar 10 equipos o más, se generaría un ahorro, comparándola con el osmosis mecánico hidráulico sería un ahorro de S/. 14,000.00, comprando 1 equipo extra para un hospital que lo necesite, y comparándolo con la

compra de 10 equipos automatizados de empresas, sería un ahorro de S/. 64,000.00 que podría invertirse en la compra de 4 equipos extras de las mismas características.

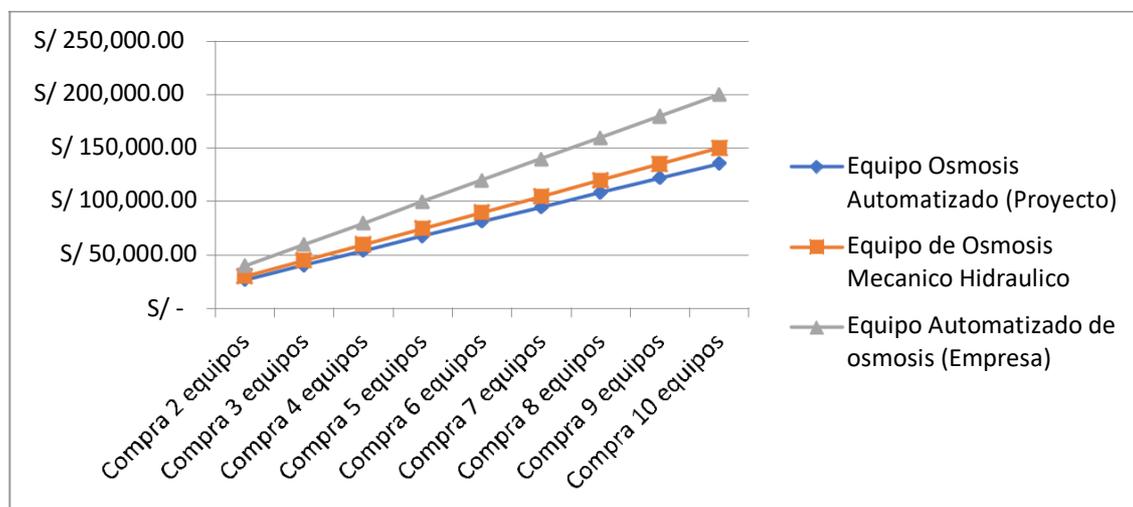


Figura 113. Grafica lineal de cantidad de equipos vs precio por cantidad

Fuente: propia

4.4. Análisis comparativo de valor de cada parámetro del equipo

En la Tabla 36 se hace la comparación de la salida de valores de los equipos de osmosis portátil inversa mecánico hidráulico, con el equipo de osmosis portátil inversa automatizada, para determinar la diferencia o similitud de los equipos.

Tabla 36.

Comparación de Valores de los Equipos de Osmosis Inversa

Equipo	Salida Ph	Salida Conductividad	Salida Cloro	Presión Salida Permeado
Osmosis portátil inversa	6.8 pH	3.3 uS	0.03 ppm	31 PSI
Osmosis portátil automatizada (proyecto)	6.8 pH	1 uS	0.01 ppm	25 PSI
Diferencia	0	2.3 uS	0.02 ppm	6 PSI

Fuente: propia

Los datos obtenidos por la **Tabla 36.** Comparación de Valores de los Equipos de Osmosis Inversa es la verificación y comparación de resultados en la salida del agua permeada tanto del equipo de osmosis de los hospitales nacionales, como el equipo de osmosis automatizado (proyecto) como se observa en la Figura 114, para lo cual en ambos equipos se usó sus medidores análogos y también se midió el ph, conductividad y cloro con reactivos y pH-metro de mano como se observa en la Figura 115.



Figura 114. Comparación de valores de salida de los equipos

Fuente: propia

En la Figura 115 se observa los reactivos y ph-metro de mano para la medición de las muestras obtenidas del equipo del osmosis mecánico hidráulico y del osmosis automatizado, el cloro se determina por reactivo, ya que no cuenta con un sensor, los demás parámetros fueron evaluados por equipos de medición manuales.



Figura 115. Toma de muestras del producto del agua

Fuente: propia

CONCLUSIONES

Se desarrolló una planta automatizada de tratamiento de agua por osmosis inversa en apoyo a los pacientes de enfermedad renal crónica en hospitales nacionales del Perú.

Se implementó un prototipo de osmosis portátil que sirvió de base para desarrollar un sistema electrónico de control de agua pasando los filtros de calidad de agua normado por AAMI 13959.

Se utilizó sensores, transductores y actuadores en una planta automatizada de tratamiento de agua por ósmosis inversa para transmitir y controlar los parámetros de agua ultra pura donde se obtuvo 1uS de conductividad en la salida del filtro de carbón, 6.8 pH del agua, 0.01 ppm de cloro que se visualizó en la pantalla HMI y controló mediante el actuador (motor) el arranque y parada de emergencia del equipo para una correcta hemodiálisis de pacientes con enfermedad renal crónica.

Se programó un PLC en una planta de tratamiento de agua por ósmosis inversa y se automatizó el proceso del agua en la hemodiálisis, dando como resultado, el control de parámetros del agua, el accionamiento de STOP del proceso por medio del motor, y la lectura de los sensores en tiempo real, se pudo desarrollar la conexión maestro-esclavo con el RS 485, generando una respuesta inmediata entre el pH metro y el HMI

Se diseñó el sistema de control digital HMI táctil para controlar y registrar el proceso de filtración del agua, donde el usuario pudo interactuar con el equipo a través de la interfaz desarrollada con el HMI, se desarrolló una interfaz de reporte mediante USB que descarga la información de almacenamiento del HMI y lo convierte en un registro Excel para observar el comportamiento del equipo en cualquier fecha u hora.

El desarrollo de esta planta representa una inversión de costo menor comparándolas con el precio de los equipos que existen en el mercado al día de hoy.

RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer las pruebas del equipo primero con la parte del sistema mecánico hidráulico, una vez que no filtre el agua por ninguna conexión, recién acoplarle el sistema electrónico, como el equipo trabaja bajo presiones para el traslado el agua, asegurar todas las conexiones con teflón para evitar fuga de agua.

Se recomienda implementar el transductor de flujo en el equipo, para que pueda trabajar bajo supervisión automatizada, se desarrolló la lógica en el capítulo 3 de un posible transductor de flujo.

Se recomienda hacer las pruebas del equipo con una membrana usada, ya que podría estropearse durante la prueba del permeado.

Se recomienda desarrollar una comunicación vía internet, la cual será posible observar al equipo desde puntos distantes.

BIBLIOGRAFÍA

Ampuero, E. (2019). *Diseño de un controlador difuso sintonizado con computación evolutiva para una planta de desalinización de agua de mar por ósmosis inversa* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9326>

Acqua tecnología. (2021). *Lecho mixto*.

<http://acquatecnologiaperu.com/lecho-mixto.html>

Acqua Tecnología. (2021). *Suavizador 8" x 40"* [Hoja de datos].

http://acquatecnologiaperu.com/pdf/SUAVIZADOR_8x40_Acqua_Tecnologia.pdf

Alibaba (2021). *High Quality Water Analyzer Digital Ph Meters High Sensitivity Ph Temp Meter PH Transmitter 0~ 60 °C HDW-100 Huadian 0.01ph*.
https://www.alibaba.com/product-detail/High-Quality-Water-Analyzer-Digital-Ph_62299656572.html

AliExpress (2021) *Transductor de Presión TS200*.

<https://es.aliexpress.com/item/4000771292148.html>

Andrade, R., y Hormaza, S. (2013). *Efecto de la presión y concentración en el porcentaje de rechazo para aguas contaminadas con cromo por osmosis inversa a nivel de*

- laboratorio* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1487>
- Arm. (2021). *CPU CORTEX A7*.
<https://www.arm.com/products/silicon-ip-cpu/cortex-a/cortex-a7>
- Bell Flow System (2021) *Transductor de Presión GPT200*.
<https://www.bellflowsystems.co.uk/es/gpt200-industrial-pressure-transducer-0-10-barg-4-20ma-output-3-wire-.html>
- Bikbov, B., Purcell, C., Levey, A., Smith, M., Abdoli, A., Abebe, M., . . . Ahmadian, E. (2020). Carga mundial, regional y nacional de enfermedad renal crónica, 1990-2017: un análisis sistemático para el Estudio de carga mundial de enfermedad 2017. *The Lancet*. 395 (10225). 709-733.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30045-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30045-3)
- Calderón, G. (2014). *Diseño y construcción del prototipo en línea de un sistema de tratamiento de aguas residuales a base de luz ultravioleta* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7256>
- Canqueri, K. (2019). *Diseño de un sistema de riego por aspersion automatizado y controlado para el centro poblado de Huitaca Sencca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano-Puno].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11145>
- Charris, L y Guerra, R (2018) *Diseño y construcción de una planta automatizada para el tratamiento de aguas de pozo mediante el principio de ósmosis inversa en el municipio de Caracolí Atlántico*. Asociación Colombiana de Facultades de ingeniería.
<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/674>

- Claudio, O. (2018). *Desalinización de agua para aplicaciones de potabilización mediante el desarrollo de tecnología solar sustentable* [Tesis de maestría, Centro de Investigaciones en Óptica, A.C.].
<http://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1002/873>
- Condori, A., Heredia, M., y Mamani, L. (2017). *Instalación y Evaluación de un Ablandador y un Filtro de Partículas para el Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6989>
- Cortijo, L. (2016). *Optimización del sistema de control y automatización de los equipos de ultrafiltración y osmosis inversa* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica del Perú].
<https://hdl.handle.net/20.500.12867/331>
- Delta Electronics. (2019). *Panel táctil HMI - Interfaces hombre-máquina*.
<https://es.delta-americas.com/IndustrialAutomation/Touch-HMI>
- Delgado, C. (2017). *Estudio experimental del rendimiento de nuevas membranas de osmosis inversa con capacidad antibioincrustante en la desalinización de agua utilizando una planta piloto* [Tesis de maestría, Universidad de Chile].
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/147447>
- Dévora, G., López, M., Fimbres, G., Álvarez, J., y Astorga, S. (2016). Desalación por ósmosis inversa y su aprovechamiento en agricultura en el valle del Yaqui, Sonora, México. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*. 7 (3). 155-169 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353546192009>
- DISAI Automatic System. (2013). *Electroválvulas* [Hoja de datos].
https://www.disai.net/wp-content/uploads/2015/06/CAT_MM_ELECTROVLVULASYBOBINAS.pdf

Emol. (2019). *Científicos rusos crean riñón portátil para pacientes con insuficiencia renal*. <https://vcm.emol.com/5184/investigacion/cientificos-rusos-crean-rinon-portatil-para-pacientes-con-insuficiencia-renal/>

GRM. (2020). *KTN 11.11 válvula de aguja con rosca NPT*.
<https://www.grm.com.es/es/producto/reductoras-de-presion/valvula-de-aguja-ktn-11-11/>

Hanna Instruments (2021) *Sensor de pH pHmetro Hanna*.
http://www.hannaarg.com/productos.php?id_productos=57587&accion=detalles

Hanna Instruments (2021) *MINI CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (12VDC) Hanna*.
<https://hannainst.com.mx/productos/linea/proceso-industrial/mini-controlador-de-conductividad-electrica-12vcd/>

Herrera, P., Atamari, N., y Flores, V. (2019). Número de nefrólogos, servicios de hemodiálisis y tendencia de la prevalencia de enfermedad renal crónica en el Ministerio de Salud de Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 36 (1). 62-77.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2019.361.4253>

Hidrotek. (2018). *4.0G plastic tank*.
<https://www.hidrotek.cn/Index/cms/id/295.html>

HM Digital. (2017). *PSC-150*.
<http://hmdigital.com/product/psc-150/>

Hydronix water technology. (2021). *SDC series sediment Depth cartridges* [Hoja de datos]. https://hydronixwater.com/dl/data_sheets/SDC_DS.pdf

- Hydronix water technology. (2021). *CB series carbon black filters* [Hoja de datos]. https://hydronixwater.com/dl/data_sheets/CB_DS.pdf
- Hidrotek. (2018). *UV-16W*.
<https://www.hidrotek.cn/Index/cms/id/385.html>
- Hydronix Water Technology. (2020). *PG series pressure gauges* [Hoja de datos]. https://hydronixwater.com/dl/data_sheets/PG_DS.pdf
- Hydronix Water Technology. (2021). *PFM/AFM/IFM series panel mount/panel mount adjustable/inline flow meters* [Hoja de datos].
https://hydronixwater.com/dl/data_sheets/PFM-AFM-IFM_DS.pdf
- Imitola, A., Ramírez, J., y López, A. (2019). *Diseño de una planta desalinizadora de agua de mar en la zona de la media-alta guajira* [Tesis de maestría, Universidad del Norte].
<http://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/8757>
- Kallpa Industrial. (2018). *Programmable logic controller human machine interface industrial internet of things*.
<https://www.dropbox.com/s/lxiiygft8s0g60/WECON%20CATALOGO%202018.pdf?dl=0>
- Lenntech. (2021). *RE 4021-BE CSM*. <https://www.lenntech.com/Data-sheets/CSM-RE4021-BE-L.pdf>
- León, D. (2020, 25 de marzo). Diálisis o cuarentena: el dilema de los pacientes renales venezolanos. *Eldiario*.
<https://eldiario.com/2020/03/25/dialisis-o-cuarentena-el-dilema-de-los-pacientes-renales-venezolanos/>
- Lopera, M. (2016). La enfermedad renal crónica en Colombia: necesidades en salud y respuesta del Sistema General de Seguridad Social en Salud. *Revista Gerencia y*

Políticas de Salud. 15 (30). 212-233

<https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgyps15-30.ercc>

Lozano, A., y Sánchez, J. (2017). *Evaluación experimental de una ecuación empírica para la caída de presión en flujo gaseoso* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú].

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3786>

Loza, C. (2017, febrero). Se necesitan 300 nuevos centros de diálisis en el Perú. Se necesitan 300 nuevos centros de diálisis en el Perú. *Diario Médico*.

https://diariomedico.pe/impresos/Diario_Medico_61.pdf

Mamo, J. (2018). *Assessment and optimisation of the operation of integrated membrane system for wastewater reclamation* [Tesis de doctorado, Universidad de Girona]. <http://hdl.handle.net/10803/667844>

Marathon Motors. (2018). *Product information packet Marathon Motors* [Hoja de datos].

https://cfmedia.regalbeloit.com/images/d120001/medias/docus/1998/Article_056C17D2098_DataPack_9.pdf

Material Mundial. (2021). *Acero Inoxidable 316 Ficha Técnica, Acero AISI 316 Propiedades, Inox 316 S*.

<https://www.materialmundial.com/inox-ss316-aisi-astm-acero-inoxidable-316-ficha-tecnica-propiedades-ss/#>

Mayo Clinic. (2019). *Hemodiálisis*.

<https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/hemodialysis/about/pac-20384824>

Mean Well. (2020). *MDR-60 series*.

<https://www.meanwell-web.com/content/files/pdfs/productPdfs/MW/Mdr-60/MDR-60-spec.pdf>

Medical Expo (2021) *Sensor de conductividad LX100CTP*.

<https://www.medicalexpo.es/prod/labdex-ltd/product-271864-987287.html>

Mendoza, J. (2016). *Identificación y control multivariable de una planta de desalinización por osmosis inversa* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12390/232>

Mérida, M. (2018). *Propuesta de una metodología para el monitoreo de la calidad de agua a través del potencial de óxido reducción, en una planta potabilizadora* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala].

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/15107>

Montes, E. (2018). *Análisis hidráulico del sistema de bombeo a través de tanque hidroneumático para el abastecimiento de agua potable en un edificio vertical en la ciudad de Huaraz – Ancash periodo 2017* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].

<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2768>

Mora, S. (2019). *Diseño de una planta de tratamiento de agua portátil automatizada para optimizar el funcionamiento de las máquinas de hemodiálisis* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/34614>

Órgano de Control Institucional. (2020). Comunicación de Informe de Orientación de Oficio N° 008-2020-CG-GRLASOO. Gobierno Regional Lambayeque Unidad Ejecutora 001 Sede Central, Órgano de Control Institucional.

<https://s3.amazonaws.com/spic-informes->

[publicados/informes/2020/05/2020CSI534300009_ADJUNTO.pdf](https://s3.amazonaws.com/spic-informes-publicados/informes/2020/05/2020CSI534300009_ADJUNTO.pdf)

Osmosistem. (2021). *Porta filtros HYDRONIX*.

<http://www.osmosistemperu.com/portafiltros/>

- Osmisistem. (2021). *Ablandador de agua automático Canature*.
<http://www.osmosistemperu.com/cp-213s-od/>
- Palate, A. (2015). *Sistema electrónico para la detección de ceniza volcánica y protección de cultivos* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/15107>
- Pardo, A. (2017). *Diseño y simulación de control avanzado para un sistema de refrigeración aplicado a la industria agroalimentaria* [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura].
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2991>
- Pérez, R., García, R., Gonzalez E., Solozábal C., Ramírez R., Martín P., ... Ferllen R. (2016). Guía de gestión de calidad del líquido de diálisis (LD) (segunda edición, 2015). *Sociedad Española de Nefrología*. 36 (3). 1-52.
<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2016.01.003>
- Pérez, R. (2020). Calidad del líquido de diálisis y sus componentes: Agua y Concentrados. *Sociedad Española de Nefrología*.
<https://www.nefrologiaaldia.org/es-articulo-calidad-del-liquido-dialisis-sus-322>
- Pérez, R. y Rodríguez, P. (2020). Nefrología al Día-Calidad del líquido de diálisis y sus componentes: Agua y Concentrados. *Sociedad Española de Nefrología*.
<https://nefrologiaaldia.org/es-articulo-calidad-del-liquido-dialisis-sus-322>
- Quispe, J. (2018). *Aplicaciones de PLC en Procesos Básicos* [Monografía de licenciatura, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle].
<https://repositorio.une.edu.pe/handle/UNE/3941>
- Ramos, J., Salas, O., Villegas, J., Serrano, C., Dehesa, E., y Márquez, F. (2021).
Calidad de vida y factores asociados en enfermedad renal crónica con terapia de

sustitución. *Archivos en Medicina Familiar*. 23 (2). 75-83.

<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=95965>

Rivas, P. (2019). *Diseño de una máquina de ósmosis inversa para producir agua ultra pura en el laboratorio de manufactura de la PUCP* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/14202>

Rodríguez, A., Benítez, I., y Mulet, M. (2019). Sincronización e Integración en SCADA de un proceso de desalinización. *Revista Tecnología Química*. 39 (2). 334-354

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000200334

Rojas, D. (2016). *Diseño de controladores PID avanzado para el control robusto de una unidad de ósmosis inversa de una planta desalinizadora de agua de mar* [Tesis de maestría, Universidad Católica del Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/6956>

RS (2019) *Pantalla táctil HMI Siemens de 7 in, TFT, Color, 800 x 480pixels, conectividad RS422, RS485, USB*.

<https://es.rs-online.com/web/p/pantallas-hmi/8726325/>

Sansa, C., y Gonzáles, Y. (2019). *Procedimiento de calibración para manómetros analógicos tipo bourdon de acuerdo a la norma NTC 1420* [Tesis de licenciatura, Universidad de Cartagena].

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/10073>

Sauchelli, M. (2019). *Mass transporte and fouling of novela forward osmosis thin-film composite membranas* [Tesis de doctorado, Universidad de Girona].

<http://hdl.handle.net/10803/670169>

Schneider Electric (2020). *HMI Schneider Magelis Hmistu 655*.

<https://www.se.com/pe/es/product/HMISTU655/touch-panel-screen%2C-harmony-sto-%26-stu%2C-3%27%275-color/>

Schneider Electric (2020) *PLC Schneider M221 RELE COMPACT*.

<https://www.se.com/ar/es/product/TM221C16R/m221-plc-16-es-rele-compact/>

Seguro social de Salud. (2014). *Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo para plantas de tratamiento de agua por osmosis inversa para hemodiálisis*.

https://ww1.essalud.gob.pe/compendio/pdf/0000002831_pdf.pdf

Spider Automation Technology. (2021). *WECON LX2E Series PLC*.

<http://www.spiderautomationtechnology.com/product-details/wecon-lx2e-series-plc>

Siemens (2021) *PLC Siemens S7*.

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

Soriano, C. (2018). *Propuesta de mejora del proceso de tratamiento de agua de mesa para reducir la presencia de metales suspendidos en aguas del Inka, Cajamarca 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].

<http://hdl.handle.net/11537/22319>

SUNAT. (2021). *Tipo de Cambio Oficial*. [https://e-](https://e-consulta.sunat.gob.pe/cl-at-ittipcam/tcS01Alias)

[consulta.sunat.gob.pe/cl-at-ittipcam/tcS01Alias](https://e-consulta.sunat.gob.pe/cl-at-ittipcam/tcS01Alias)

Supmea. (2020). *Pressure transmitter*.

https://en.supmea.com/UPFILE_PATH/upfiles/2020042205004278192.pdf

Supmea. (2020). *User's Manual pH sensor*.

https://en.supmea.com/UPFILE_PATH/upfiles/ph%20electrode%20user%20manual.pdf

Supmea. (2020). *Online pH/ORP meter*.

https://en.supmea.com/UPFILE_PATH/upfiles/2020042204311383106.pdf

Tenelanda, F., y Muyulema, J. (2013). *Optimización de la unidad de floculación y calidad, microbiológica y físico-química del agua del sistema de abastecimiento de la parroquia Sinincay* [Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4751>

Torres, J (2016). *Montaje de planta de tratamiento de agua por osmosis inversa en minera Yanacocha - Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Callao].

<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/4265>

Toro, N. (2020). *Automatización y modernización al sistema de sanitización de la planta de tratamiento de agua de la unidad de hemodiálisis Hospital C.A.S.E. ESSALUD* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María].

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/10330>

Ugarte, D. (2016). *Desarrollo de un controlador inteligente para un bastidor de osmosis inversa de una planta desalinizadora de agua de mar* [Tesis de maestría, Universidad Católica del Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/6954>

Villamonte, R. (2018). *Diseño de un sistema automatizado para el tratamiento de agua por ósmosis inversa monitoreado a distancia* [Tesis de licenciatura, Universidad de ciencias y humanidades].

<https://repositorio.uch.edu.pe/handle/20.500.12872/264?show=full>

Water tec. (2021). *Portamembranas de acero inoxidable*.

<https://watertec.com.mx/productos/portamembranas/portamembranas-de-acero-inoxidable>

Water tec. (2021). *Portafiltros Slim de Tapa Plana*.

<https://watertec.com.mx/productos/portafiltros/portafiltros-slim-de-tapa-plana>

Wecon Electronics Technology. (2017). *Wecon New Style 7inch HMI*

PI3070. http://www.we-con.com.cn/en/productsinfo_3522.html

Wecon Electronics Technology. (2017). *HMI PI Series Interfaz Hombre*

Maquina. http://www.we-con.com.cn/es/news_info_3015.html

Wecon Electronics Technology. (2017). *LX3V-2ADI-BD User manual*.

<http://www.we-con.com.cn/manage/upfile/fileload/20190523153444.pdf>

Wecon Electronics Technology. (2017). *USER'S MANUAL LX3V-4AD extend module*.

<http://www.we-con.com.cn/manage/upfile/fileloadphone/20171128111245.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1



Elaboración de proyectos montaje y operación de plantas de potabilización de agua para consumo humano, plantas de tratamiento de agua residual doméstico o industrial, plantas de tratamiento de aplicaciones especiales entre otros.

PROFORMA N° 001-01531A/21

Fecha: 31 - Mar. - 21

NOMBRE :
DIRECCION :
E MAIL :

ATENCION : SR. RICHARD RODRIGUEZ
REF. : Repuestos y Componentes para Osmosis Inversa Portátil

En atención a su solicitud, presentamos nuestra oferta.

ITEM	DESCRIPCION	UND. MED	CANT	VALOR VENTA	IMPORTE TOTAL
1	MEMBRANA DE ALTO RECHAZO DE SALES. PARA EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA <u>Características Técnicas:</u> ✓ Marca : CSM ✓ Modelo : RE-4021 - BE ✓ Dimensiones : 4" diámetro x 21" longitud ✓ Material : Polyamida	Unds.	01	800.00	800.00
2	HOUSING O PORTAMEMBRANA. <u>Características Técnicas</u> ✓ Marca : HIDRONIX - USA ✓ Material : ACERO INOXIDABLE ✓ Dimensiones : 4" x 21" ✓ Presión máxima : 300 PSI ✓ Conexión : 1/2"	Und.	01	392.00	392.00
3	PORTAFILTRO O CARCAZA SIN PURGA <u>Características Técnicas</u> ✓ Marca : HIDRONIX - USA ✓ Material : Polipropileno de alta presión ✓ Color : Azul ✓ Presión máx.: 125 psi ✓ Conexión : 1/2" ✓ Dimensiones: 2.5" x 10" (Diámetro x Altura)	Unds.	03	64.00	192.00
4	ELEMENTO FILTRANTE PULIDOR DE LECHO MIXTO <u>Características Técnicas</u> ✓ Marca : IONAC - USA ✓ Material : Resina de intercamb. Ionico de lecho mixto ✓ Dimensiones: 2.5" de Diámetro x 10" de altura ✓ Volumen : 0.8 Litros	Und.	01	64.00	64.00
5	EQUIPO ULTRAVIOLETA DE 2 GPM. HIDROTEK Potencia: 16 watts	Und.	01	304.00	304.00
6	ELECTROBOMBA EN ACERO INOXIDABLE. PARA EQUIPO	Und.	01	1,600.00	1,600.00

Calle el Abutillo 3849 urb. Las Palmeras Etapa I - Los Olivos
 01 231 4096 / RPC. 955 756 069 - 961 430 023 / RPM #959663733
 atencioncliente@hidrocyr.com
 www.hidrocyr.com

• Ablandadores
 • Filtros Multimedia
 • Filtros de Carbon Activado
 • Osmosis Inversa
 • Equipos Ultravioleta
 • Dosificadores
 • Purificadores
 • Ozonizadores
 • Tableros Eléctricos
 • Tanques Hidroneumáticos
 • Destonizadores controladores mecánicos y electrónicos, etc.

	<p>DE OSMOSIS INVERSA PORTATIL. <u>Especificaciones Técnicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Marca : MARATHON - FLUID O TECH ✓ Procedencia : Americana - Italia ✓ Tipo : Monofásica ✓ Material : Acero Inoxidable ✓ Potencia : 1/2 HP ✓ Caudal : 125 GPH ✓ Alimentación eléctrica : 220 V / 60 Hz ✓ Máxima Presión de Trabajo : 200 Psi ✓ Conexión : 1/2" IN-OUT FNPT 				
7.	ELECTROVÁLVULA O VALVULA SOLENOIDE EN CUERPO DE ACERO INOXIDABLE, 1/2" CONEXIÓN ROSCA NPT NORMALMENTE CERRADA DE 220 V.	Und.	01	240.00	240.00
8.	FLUJOMETROS PANEL DE 0 - 2 GPM. DE 1/2" CONEXIÓN POSTERIOR. MARCA: HIDROTEK.	Unds.	02	160.00	320.00
9.	<p>MANÓMETRO POSTERIOR <u>Características Técnicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Marca : HIDRONIX - USA ✓ Rango de trabajo : 0 - 300 PSI ; 0 - 100 PSI ✓ Material : Acero inoxidable ✓ Dial : 2.5" (63mm) ✓ Conexión : Acero inoxidable 1/2" NPT, posterior ✓ Tipo : Relleno de glicerina ✓ Incluye : Soportes 	Unds.	03	88.00	264.00
10.	<p>VALVULA DE AGUJA PARA REGULACIÓN DE FLUJO DE CONCENTRADO. <u>Características Técnicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Marca : YF de Main Pillar Enterprice ✓ Modelo : ND-6000 ✓ Serie : MP2 ✓ Material : Cuerpo en acero inoxidable 316 ✓ Conexión : 1/2" Rosca NPT 	Und.	01	80.00	80.00
11.	<p>ELEMENTO FILTRANTE PARA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS <u>Características Técnicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Marca : HYDRONIX - USA ✓ Modelo : SDC-25-1005 ✓ Material : Fibra polipropileno ✓ Dimensiones : 2.5" de Diámetro x 10" de altura ✓ Porosidad : 05 micras nominales ✓ Aprobados : Por la FDA y NSF 	Und.	01	24.00	24.00
12.	<p>ELEMENTO FILTRANTE DE CARBÓN ACTIVADO <u>Especificaciones Técnicas</u></p>	Und.	01	40.00	40.00

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Marca : HIDRONIX-USA ✓ Modelo : CB-25-1005 ✓ Dimensiones : 2.5" de Diámetro x 10" de altura ✓ Porosidad : 05 micras nominales 				
13	<p>TANQUE HIDRONEUMÁTICO</p> <p><u>Características Técnicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Marca : HIDROTEK ✓ Modelo : PRO-4000W-N-NST ✓ Material : PVC ✓ Capacidad : 4 Galones ✓ Presión máxima operación: 50 psi ✓ Conexión Sistema : 1/4" MNPT 	Und.	01	200.00	200.00
					
14	<p>MINI CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD EN LÍNEA</p> <p><u>Características Técnicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Marca : HM DIGITAL - USA ✓ Modelo : PSC-150 ✓ Rango : 0.0 - 9999 uS/cm ✓ Resolución : 0.1 µS/ppm (0-999); 1 µS/ppm (1000-9999) ✓ Precisión (a 20°C) : ± 2% F.E ✓ Condición trabajo : 0 a 50 °C; HR 95% sin condensación ✓ Dimensiones : 7.2 x 7.2 x 10.2 cm (2.8 x 2.8 x 4 in.) ✓ Alimentación eléctrica : AC 220V ✓ Incluye: <ul style="list-style-type: none"> - 01 Und. Electrodo en acero inoxidable 1/2" conexión MNPT - 01 Und. Caja Plástica, - SERVICIO DE INSTALACION 	Und.	01	700.00	700.00
					
15	<p>TABLERO ELECTRICO DE MANDO AUTOMATICO</p> <p><u>Características Técnicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 01 Und. Gabinete metálico ➤ 01 Interruptor termomagnético de 2x20A 10KA en 220V, marca LS. ➤ 01 Arrancador directo de 1.1 Kw 220V 60Hz 1Ø. Cada uno compuesto por: <ul style="list-style-type: none"> ○ 01 Contactor de 9A seleccionado en categoría AC3 bobina 220V, marca Lovato. ○ 01 Rele térmico de 7-8A para Contactor tipo BF, marca Lovato. ➤ 01 SELECTOR Man-O-Aut 1 POLO marca CEE. ➤ 01 Piloto LED de color verde: indicador de marcha, marca CEE ➤ 01 Piloto LED de color Rojo: indicador de Sobrecarga, marca CEE <p><u>Bornes de entrada:</u></p>	Und.	01	400.00	400.00
					



RUC: 20601865280

Elaboración de proyectos montaje y operación de plantas de potabilización de agua para consumo humano, plantas de tratamiento de agua residual doméstico o industrial, plantas de tratamiento de aplicaciones especiales entre otros.

	<ul style="list-style-type: none"> - Electroválvula - Medidor de Conductividad, - Equipo esterilizador ultravioleta - Presostato de baja Presión - Presostato de Alta Presión 				
16	EQUIPO ABLANDADOR DE TRABAJO AUTOMÁTICO. <u>Características Técnicas</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Marca : HIDROCYR - PERU ✓ Modelo : HCYR-ABA-721/1 ✓ Tipo : INDIVIDUAL - Automático ✓ Caudal de trabajo : 2.5 GPM ✓ Capacidad de Intercam. : 13,000 granos/tonque ✓ Producción : 3 m3 x regeneración @ 300 STD ✓ Cantidad total de resina : 0.5 pies3 ✓ Regeneración : Automático ✓ Tipo de Regenerante : Sal industrial granulado (3 Kg. / Regeneración) ✓ Conexión : 1" ✓ Presión de trabajo : 20 a 100 PSI ✓ Alimentación Eléctrica : 220V 60 hz <u>Especificaciones</u> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Un tanque de 7" de diámetro y 21" de altura en material totalmente anticorrosivo, MARCA: CANATURE. ✓ Un Cabezal o Válvula automática DIGITAL, Marca: CANATURE, Modelo: POR VOLUMEN. ✓ Una carga de 0.5 pies3 de resina catiónica Marca: LEWATIT BAYER -ALEMAN, modelo: S-1567 ciclo sodio de alta capacidad de intercambio. ✓ Un juego de Toberas superior e inferior. ✓ Un juego de accesorios internos en PVC de alta presión 	Und.	01	1,400.00	1,400.00
17	KIT DE ACCESORIOS VARIOS EN MATERIAL PVC, POLIPROPILENO Y ACERO INOXIDABLE.	Und.	01	500.00	500.00
18	ESTRUCTURA METALICA EN ACERO INOXIDABLE 304, DIMENSIONES: 55CM X 55CM X 90 CM	Und.	01	2,000.00	2,000.00
SON: ONCE MIL DOSCIENTOS TREINTITRES Y 60/100 SOLES		SUB TOTAL		S/ 9,520.00	
		IGV (18%)		S/ 1,713.60	
		TOTAL		S/ 11,233.60	

CONDICIONES COMERCIALES

Precios Unitarios : No incluyen IGV (18%)
 Tipo de Moneda : SOLES
 Forma de Pago : CONTADO
 Tiempo de Entrega : 01 día después de recibido su Orden de Compra

Calle el Abutillo 3849 urb. Las Palmeras Etapa I - Los Olivos
 01 231 4096 / RPC. 955 756 069 - 961 430 023 / RPM #959663733
 atencionalcliente@hidrocyr.com
 www.hidrocyr.com

- Ablandadores
- Purificadores
- Filtros Multimedia
- Ozonizadores
- Filtros de Carbon Activado
- Tableros Eléctricos
- Osmosis Inmersa
- Tanques Hidroneumáticos
- Equipos Ultravioleta
- Desionizadores controlados mecánicos y electrónicos, etc.
- Dosificadores



RUC: 20601865280

Elaboración de proyectos montaje y operación de plantas de potabilización de agua para consumo humano, plantas de tratamiento de agua residual doméstico o industrial, plantas de tratamiento de aplicaciones especiales entre otros.

Lugar de Entrega : En sus almacenes

Tiempo de Garantía : 12 meses

La garantía no se extiende a envejecimiento, desgaste natural, mal manejo o mala operación del equipo, uso con energía eléctrica inadecuada o sin la debida protección y demás indicaciones establecidas en nuestras condiciones generales de venta.

Validez de la Oferta : 30 días

Asesoría Técnica : Permanente

CUENTAS BANCARIAS

BANCO CONTINENTAL:

CUENTA CORRIENTE

SOLES : 0011-0319-0100021786

DOLARÉS : 0011-0319-0100021794

CODIGO DE CUENTA INTERBANCARIO (CCI)

011-319-000100021786-17

011-319-000100021794-11

SOLO PARA PAGOS DE DETRACCION

BANCO DE LA NACION:

CTA. SOLES: 00-057-069406

Nos ponemos a su disposición para atender cualquier requerimiento adicional que tenga sobre la presente oferta. Agradecemos su atención y quedamos a la espera de sus gratas noticias.

Muy atentamente:

Ing. Rita Barra Cántaro
Jefe de Ingeniería y Proyectos

 Calle el Abutilón 3849 urb. Las Palmeras Etapa I - Los Olivos
 01 231 4096 / RPC. 955 756 069 - 961 430 023 / RPM #959663733
 atencionakliente@hidrocyr.com
 www.hidrocyr.com

- Ablandadores
- Filtros Multimedia
- Filtros de Carbon Activado
- Osmosis Inversa
- Equipos Ultravioleta
- Dosificadores
- Purificadores
- Ozonizadores
- Tableros Eléctricos
- Tanques Hidroneumáticos
- Desionizadores controladores mecánicos y electrónicos, etc.

ANEXO 2



CONTROLTEC AUTOMATIZACION S.A.C.

R.U.C.: 20603410166

Cal. Chacquitambo Nro. 353 Urb. El Parque Naranjal - Los Olivos

Movil: 917 411 549

Email: ventas@controltec.pe / ventas2@controltec.pe
administracion@controltec.pe / contabilidad@controltec.pe

CTA. CTE. BCP- SOLES : 191-2530634-0-58

COTIZACION DE VENTA

Nº 001000000442

SEÑOR(S) : NIPRO MEDICAL CORPORATION SUCURSAL DEL PERU

DIRECCIÓN : AV. GUILLERMO DANSEY NRO. 1520 URB. ZONA INDUSTRIAL - UMA - UMA - UMA

RUC : 20504312403

ATENCIÓN:

TELEFONO:

MONEDA: S/.

F. EMISION: 31/03/2021

VENDEDOR: FABRILA AÑAZCO

RFC:

E-MAIL:

CONDICION DE PAGO: CONTADO

VALIDEZ DE LA OFERTA: 10 DIAS

ITEM	CODIGO	CANT	U.M.	DESCRIPCION	MARCA	VALOR UNITARIO	VALOR NETO
1	LX2E-1212-MR-02	1	UNO	PLC WECOM LX2E SERIES 1201 / 1200 RELE 24VDC/RS485	WECOM	322.0300	322.03
2	LX3V-4AD	1	UNO	EXPANSION ENTRADAS ANALOGICAS 4A 0/4...20mAALIMENTACION 24VDC	WECOM	395.7600	395.76
3	F3B70	1	UNO	PANEL DE CONTROL TACTIL HMI 7 PULG. RS232 / RS485 RS485 COMPACTO MICRO USB	WECOM	554.7600	554.76
4	SUP300-1	2	UNO	TRANSDUCTOR DE PRESION 0-10 BAR SAL 4-20MA 1/4 NPT MACHO 24VDC	SUPMEA	220.3400	440.68
5	SUP300-3	1	UNO	TRANSDUCTOR DE PRESION 0-25 BAR (367 PSI) SAL 4-20MA 1/4 NPT MACHO 24VDC	SUPMEA	261.0200	261.02
6	SUP-PHE-0	1	UNO	MEDIDOR DE PH RANGO 0-14pH SAL RELE / 4...20mA RS-485 220VAC 96*96MM ORP -1000mV -15SUPMEA	SUPMEA	435.5900	435.59
7	SUP-PHS019	1	UNO	SENSOR DE PH RANGO 0-14pH TIPO PLASTICO, PARA PISCINA, AGUAS RESIDUALES, ETC. TEMP 0-150°C SUPMEA	SUPMEA	222.0400	222.04
8	WF-DM-3M	1	UNO	CABLE DE COMUNICACION PLC-HMI RS422 3MT	WECOM	33.9000	33.90
9	MDR-60-24	1	UNO	FUENTE DE ALIMENTACION 100...240VAC SAL 24VDC 2.5A60W 1NO	MEAN WELL	139.8300	139.83
10	LX3V-2ADH-8D	1	UNO	EXPANSION DE ENTRADAS ANALOGICAS 2AI 4-20mA MONTAJE FRONTAL	WECOM	173.0500	173.05
11	T504020	1	UNO	TABLERO METALICO 500X400X20MM P/RS C/PLACA + FUA	HYLTON	186.4400	186.44
12	E29F56210	2	UNO	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO EASY9 2X10A10/9MA 220V/600V.	SCHNEIDER ELECTRI	31.3600	62.71
13	RT18-32X	2	UNO	BASE PORTAFUSIBLE10X38 1P 32A 500V LED	EBASE	8.4700	16.95
14	LCL1810M6	1	UNO	CONTACTOR TRIPOLAR D 18 AMP ET 1NA BOBINA 220VAC220V/440V 5.5/12HP	SCHNEIDER ELECTRI	59.3200	59.32
15	LRE12	1	UNO	RELE TERMICO TRIPOLAR 5.5 - 8 AMP	SCHNEIDER ELECTRI	76.2700	76.27
16	25X30	2	UNO	CANAleta MANURADA 25x30x2 MT	SALZER	11.8600	23.73
17	SCRW4U	25	UNO	BORNE UNIVERSAL 4MM2 (12AWG) GRIS	SALZER	2.5400	63.56
18	PG-7	8	UNO	PRENSAESTOPA PLASTICA CON TUBERIA 7MM	IMPORTADO	1.0000	8.00
19	ES2N	8	UNO	TOPE FINAL DE BORNERAS P/RELE 7.5-15MM GRIS	SALZER	2.1200	16.95

Sub Total Sin IGV	Flete	Embalaje	IGV	Total
S/ 3,492.59			S/ 628.67	S/ 4,121.26
TIEMPO DE ENTREGA:			Ejecutivo de Venta	
OBSERVACIONES: SALVO PREVIA VENTA			FABRILA AÑAZCO	

ANEXO 3

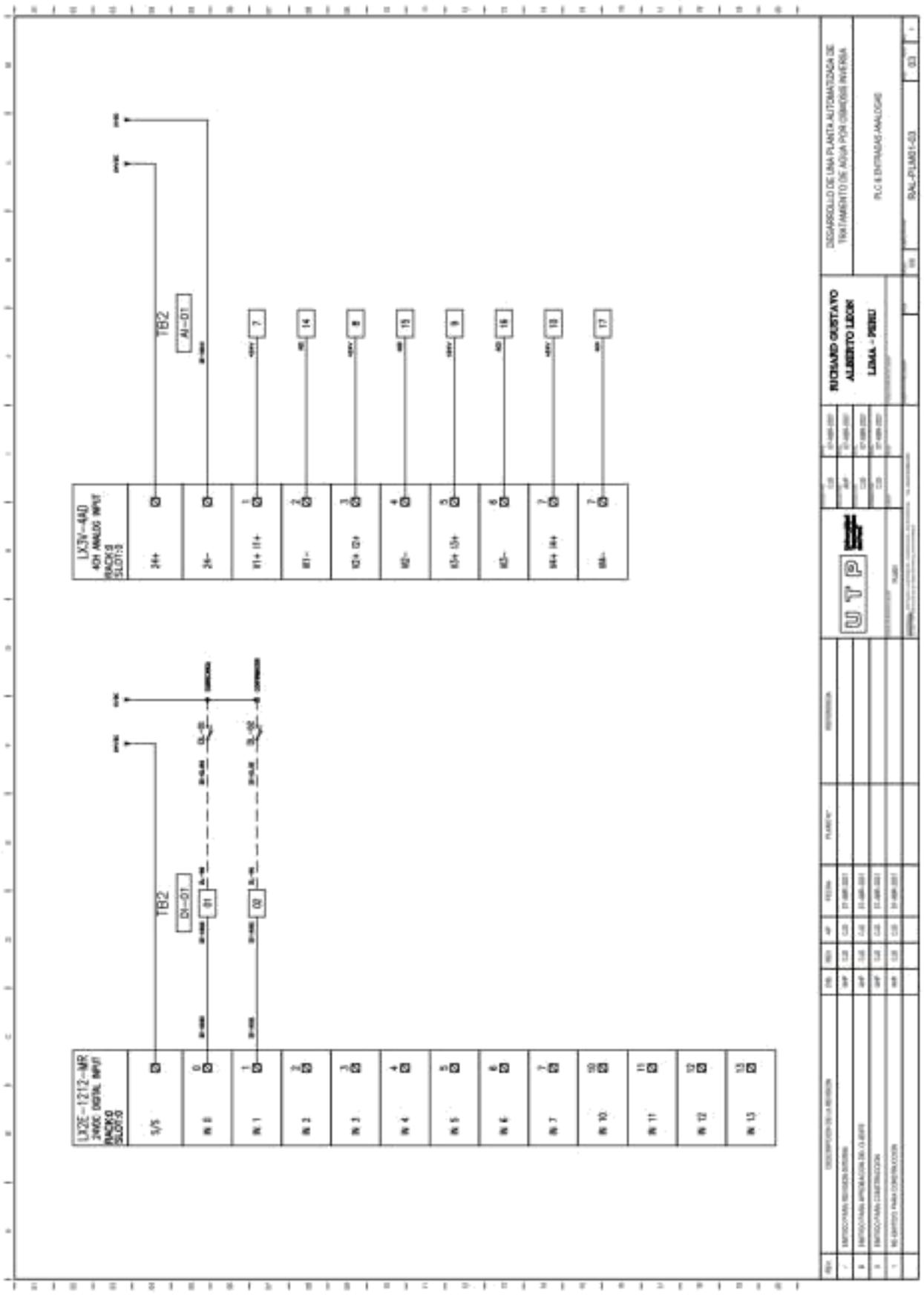
ESQUEMA PARA EL TABLERO DE CONTROL

N°	Descripción	Modelo	Fabricante
1	Circuit Breaker Bipolar de 10A	E2MF56210	SCHNEIDER
2	Topo de Bornero de 4mm	ES2N	SALZER
3	Base Prolongable + Fuelle	RT2BN	OMAT
4	Almendra Dijeptol 4mm	SCRW4U	SALZER
5	Fuente de alimentación 200VAC/24VDC	DR-40-24	MEAN WELL
6	Separador de borneros	G4S	SALZER
7	Consola Poturoob 25x25mm x 2MTS	452368	ASS
8	PLC 120V/120V Relay 220VAC RS-485	LX02-1212-4R-42	MECON
9	Modulo de Expansión 4 AI	LX2V-440	MECON
10	Relé Termico T.6 - 2.5A	URE07	SCHNEIDER
11	Contacto 30A Buhne 220VAC	LC1ED9M7	SCHNEIDER
12	Relé de sinetria	4124	SALZER
13	Tablero 500x400x200	4887547	HYDOW

RICHARDO ORTIZ
ALBERTO LEON
LEMA - PERO

DESEÑO DE UNA PLANTA AUTOMATIZADA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR COMANDOS HYDRA

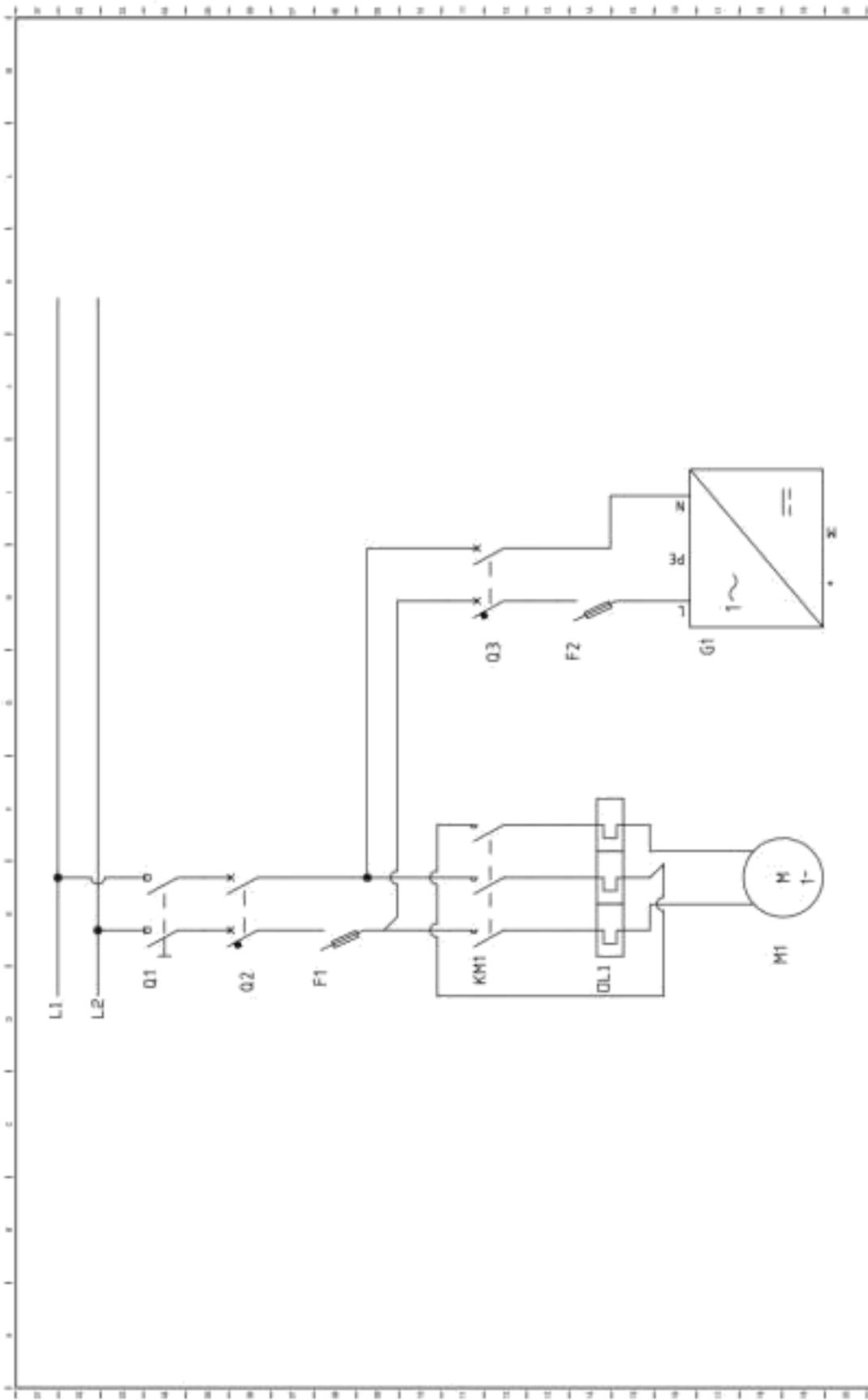
EQUIPAMIENTO ALISTA DE MATERIALES



REV.	DESCRIPCION DE LA REVISION	FECHA	REP.	AP.	FECHA	PLANTILLA	REVISIONES
1	PROPUESTA PARA REVISION DEBIDA	04/01/2011	0.01	0.01	07/08/2011		
2	PROPUESTA PARA REVISION DEBIDA	04/01/2011	0.01	0.01	07/08/2011		
3	PROPUESTA PARA REVISION DEBIDA	04/01/2011	0.01	0.01	07/08/2011		
4	PROPUESTA PARA REVISION DEBIDA	04/01/2011	0.01	0.01	07/08/2011		

RICKARDO GUSTAVO ALBERTO LUCAS LIMA - PERU		01/08/2011 01/08/2011	01/08/2011 01/08/2011
RUC: 20100101001 DERECHOS DE AUTOR: 20100101001		01/08/2011 01/08/2011	01/08/2011 01/08/2011

DECARRILLO DE UNA PLANTA AUTOMATIZADA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA		01/08/2011 01/08/2011	01/08/2011 01/08/2011
PLC 8 ENTRADAS ANALOGAS		01/08/2011 01/08/2011	01/08/2011 01/08/2011



REV.	DESCRIPCION DE LA REVISION	FECHA	PROYECT.	REVISADO
1	REVISION PARA REVISION INTERNA	21-08-2011		
2	REVISION PARA APLICACION DEL LIBRO	21-08-2011		
3	REVISION PARA CORRECCION	21-08-2011		
4	REVISION PARA CORRECCION	21-08-2011		

UTP	UTP

RICHARDO GUSTAVO ALBERTO LEON LIMA - PERU	21-08-2011 21-08-2011 21-08-2011 21-08-2011
---	--

DESARROLLO DE UNA PUNTA AUTOMATIZADA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA	04	04	04	04
DISEÑOS DE FUSEBA	04	04	04	04

