

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS BIOQUÍMICAS Y
BIOTECNOLÓGICAS
PROGRAMA INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA



**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL
(SBR) PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LÁCTEAS
PROCEDENTES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DEL PERÚ S.A.C.
MAJES – AREQUIPA 2011 -2012”**

Tesis presentada por las Bachilleres:

Durant Carbajal Estela Alejandra

Medina Carita Fiorella Isabel

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Biotecnologo

Asesor: Mgter. Javier Roque Rodríguez

Arequipa - Perú

2012

DEDICATORIA

A nuestros padres por el apoyo y ejemplo durante nuestras vidas, su amor y esfuerzo puesto en nosotras se vea reflejado en este trabajo.

A Dios por cuidarnos y estar presente en nuestros mejores momentos.



AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Edgar Luna Zevallos, Ing. Miguel Figueroa Augusto, Mag. Javier Cayro Chávez, Ing. Ronald Tejada Lozano, Ing. Carlos Núñez Zela, Fabricio Moscoso Alarcon, Felipe Sánchez Glave, maestros de producción, Gilbert Zavala Torres, Jimer Díaz Valdez, Mario Castillo Chire, por todo el apoyo y la paciencia que nos brindaron durante la realización de la tesis en planta Agroindustrial del Perú S.A.C.

Agradecemos al Ingeniero Javier Roque, por su tiempo, conocimientos compartidos y paciencia durante el desarrollo de esta investigación y a lo largo de la carrera.

A Ricardo Abril por su apoyo y guía en la realización de los análisis.

Al personal de laboratorio Sr Froylan, Sra. Ana María, Sra. Luisa, Sra. Sofía, Sra. Roció por su atención y sus ánimos.

A los verdaderos amigos, por el apoyo y ánimos en los malos momentos y alegría en los buenos, aquellos amigos que a pesar del tiempo y distancia siempre están.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	II
INDICE GENERAL.....	XVIV
INDICE DE TABLAS	XV
INDICE DE FIGURAS.....	XVIII
INDICE DE ANEXOS.....	XII
NOMENCLATURA	XVIII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XV
CAPITULO I: INTRODUCCION	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos	4
1.4 Hipótesis.....	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Agua Residual Industrial.....	6
2.2. Producción de la planta Agroindustrial del Perú S.A.C.....	11
2.3. Cleaning In Place	11
2.4. Alternativas de Reactores para el tratamiento.....	13
2.5. Aspectos generales microbiológicos	17
2.6. Tratamiento de aguas empleando lodos microbiológicos	19
2.7. Digestión Aeróbica.....	25
2.8. Aspectos generales análisis fisicoquímicos	27
CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS	37
3.1. Lugar de Ejecución	37
3.2. Materiales.....	37
3.3. Métodos.....	41
3.3.1. Pruebas Preliminares al agua residual industrial láctea	41
A. Metodología del MilkoScan FT120 FOSS.....	42
3.3.2. Toma de la muestra de agua residual industrial láctea	42
3.3.3. Obtención del lodo Microbiológico	42
3.3.4. Activación del lodo microbiológico.....	43
3.3.5. Identificación microbiológica del lodo activado.....	43
3.3.6. Caracterización del agua residual industrial láctea	46
A. Parámetros fisicoquímicos	46
B. Parámetros Orgánolepticos	54
C. Parámetros Microbiológicos	54

3.3.7. Diseño y construcción de un bioreactor depurador de aguas residuales industriales lácteas	63
3.3.8. Procedimiento para el uso del bioreactor en la depuración de aguas industriales lácteas	66
CAPITULO IV	70
RESULTADOS Y DISCUSIONES	70
4.1. Gestión de obtención de la Muestra	70
4.2. Determinación de la naturaleza de muestra de agua residual industrial láctea a emplear	71
4.3. Análisis del lodo.....	73
4.3.1. Activación del lodo	73
4.3.2. Microbiología de lodo activado	74
4.4. Caracterización de la muestras de agua residual industrial láctea	79
4.4.1. Parámetros Físicoquímicos	79
4.4.2. Parámetros Orgánoleptico.....	90
4.4.3. Parámetros Microbiológicos	90
4.5. Diseño de cálculo del SBR – Reactor Biológico Secuencial	99
4.6. Comparación del tratamiento de aguas residuales lácteas a diferentes temperaturas (37°C y 25°C).....	106
4.7. Costo y escalamiento.....	108
CAPITULO V: CONCLUSIONES	110
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Las características más importantes de las aguas residuales ⁽¹⁾	7
Tabla 2.- Contaminantes comúnmente presentes en aguas residuales y motivo de su importancia debido a los efectos que tienen sobre cuerpos biológicos ⁽¹⁾	9
Tabla 3.- Tabla informativa de los organismos presentes en lodos activos.	22
Tabla 4.-Procedimiento para la preparación de diluciones para una muestra de lodo.....	44
Tabla 5.- Medios de cultivo empleados para la identificación de microorganismos del lodo. ⁽³⁴⁾	45
Tabla 6.- Cuadro resumen de los análisis de identificación microbiológica para agua de enjuague CIP – leche fresca.....	62
Tabla 7.- Cuadro resumen de parámetros monitoreados en MilkoScan FT 120 FOSS para muestras de agua de enjuague.....	74
Tabla 8.- Cuadro resumen de las observaciones macroscópicas obtenidas de las placas de medios de cultivo nutritivos y selectivos para los análisis realizados al lodo biológico.	75
Tabla 9.- Cuadro resumen de resultados para los análisis microbiológicos realizados al lodo biológico	77
Tabla 10.-Resultados de los conteos microbiológicos en análisis del lodo activado. 78	
Tabla 11.- Comportamiento de pH durante el monitoreo al proceso de depuración a ambas temperaturas (25°C y37°C).....	80
Tabla 12.- Comportamiento de alcalinidad total durante el monitoreo al proceso de depuración a temperatura ambiente o 25°C.....	82
Tabla 13.- Comportamiento de alcalinidad total durante el monitoreo al proceso de depuración a temperatura ambiente 37°C.....	82
Tabla 14.- Comportamiento de Cloruros durante el monitoreo al proceso de depuración a temperatura ambiente o 25°C	84
Tabla 15.- Comportamiento de Cloruros durante el monitoreo al proceso de depuración a temperatura ambiente 37°C.	84
Tabla 16.- Comportamiento de DBO5 durante el monitoreo al proceso de depuración a temperaturas 25°C o ambiente.	86
Tabla 17.- Comportamiento de DBO5 durante el monitoreo al proceso de depuración a temperaturas 37°C.....	86

Tabla 18.- Comportamiento de DQO durante el monitoreo al proceso de depuración a temperaturas 25°C o ambiente.	88
Tabla 19.- Comportamiento de DQO durante el monitoreo al proceso de depuración en a temperatura 37°C.	89
Tabla 20.- Cuadro resumen de parametros organolepticos a temperatura ambiente o 25°C y 37°C	90
Tabla 21.- Resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura ambiente o 25°C a tiempo inicial 0 horas.	91
Tabla 22.- Resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura ambiente o 25°C a tiempo final 8 horas.....	92
Tabla 23.- Tablas resumen de los resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura ambiente o 25°C. Comparando resultados a tiempo 0 y 8 horas.	93
Tabla 24.- Tablas resumen de los resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura ambiente o 25°C. Comparando resultados a tiempo 0 y 8 horas.	94
Tabla 25.- Resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura 37°C a tiempo inicial 0 horas.	95
Tabla 26.- Resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura 37°C a tiempo final 8 horas...	96
Tabla 27.- Tabla resumen de resultados de conteo de analisis de identificacion microbiologica para depuracion de agua residual industrial a 37°C. Comparando resultados a tiempo 0 y 8 horas	97
Tabla 28.- Tabla resumen de resultados de conteo de analisis de identificacion microbiologica para depuracion de agua residual industrial a 37°C. Comparando resultados a tiempo 0 y 8 horas	98
Tabla 29.- Cuadro resumen de la comparación del comportamiento de parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales lácteas inicio y final del tratamiento.	107
Tabla 30.- Cuadro resumen de la comparación del comportamiento de parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales lácteas inicio y final del tratamiento en porcentaje.	108
Tabla 31.- Costos del Bioreactor SBR a diferentes escalas.	108

Tabla 32.- BPFDD del DSP del proceso simplificado para la concentración de leche fresca en la planta Agroindustrial del Perú S.A.C.	135
Tabla 33.- Monitoreo en MilkoScan para muestras de leche Fresca	157
Tabla 34.- Monitoreo en MilkoScan para muestras de leche Concentrada.....	157
Tabla 35.- Comparación del monitoreo de grasa en ambas muestras (leche fresca, leche concentrada).....	158
Tabla 36.- Monitoreo del pH durante la activación del lodo.	158



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.-Composicion de las aguas residuales industriales lácteas para la planta Agroindustrial del Perú S.A.C. según monitoreos realizados empleando MilkoScan FT 120 FOSS, Fuente: Autores.	10
Figura 2.- Down Stream Process, proceso simplificado de concentración de leche fresca en la planta Agroindustrial del Perú S.A.C. La explicación al DSP se encuentra en el ANEXO 3.....	11
Figura 3. Esquema del proceso del funcionamiento de un reactor biológico secuencial SBR, se muestran las etapas del proceso 1. Aireación 2. Sedimentación 3. Decantación. Todos estos procesos se dan en un mismo contenedor lo cual representa una ventaja sobre otros equipos. ⁽²⁸⁾	16
Figura 4.- Diagrama en secuencias para el procedimiento de diluciones en base 10. Fuente: elaborado por los autores.	55
Figura 5.- Secuencia para el análisis de Coliformes por el método de NMP y prueba confirmativa en agar EMB. Fuente: elaborado por los autores.....	57
Figura 6.-Diagrama de trabajo para prueba de determinación de presencia ausencia de Streptococcus. Fuente: elaborado por los autores.	59
Figura 7.- Diagrama en secuencias para el procedimiento de recuento de Mesófilos viables en medio APC por el método de profundidad. Fuente: elaborado por los autores.	60
Figura 8.- Diagrama en secuencias para el procedimiento de enriquecimiento de cepas Salmonella Shigella en Caldo Selenito y prueba confirmativa en Agar S.S. Fuente: elaborado por los autores.	61
Figura 9.- Flujograma de actividades para realizar la depuración de agua residual industrial, empleando el bioreactor tipo SBR.	67
Figura 10.- Poza de desagüe, paso del agua residual industrial antes de ser mezclado con el agua residual domestica en la piscina de tratamiento químico.	70
Figura 11.- Grafica comportamiento de datos en el monitoreo en MilkoScan para muestras de Leche Fresca, como parámetro principal se evaluó el porcentaje de grasa en leche fresca donde se obtuvo un promedio de 0.13 %, Tabla 31 del Anexo 5	71
Figura 12.- Grafica comportamiento de datos en el monitoreo en MilkoScan para muestras de Leche Concentrada, para el parámetro de grasa se obtuvo un promedio de 1.68 %. Tabla 32 del Anexo 5.....	72

Figura 13.- Grafica comparativa del monitoreo de grasa en MilkoScan para muestras de Leche Fresca y Leche Concentrada. Tabla 33 del Anexo 5.....	73
Figura 14.-Variación del pH en función al tiempo, monitoreo de agua residual industrial, durante un periodo de 7 días tomando intervalos de tiempo de 30 minutos durante 8 horas. Tabla 34 del Anexo 5.....	73
Figura 15.-Medio de cultivos empleados para la identificación microbiológica de los microorganismos (Arriba de izquierda a derecha) Agar TCBS, Agar Sabouraud, Agar EMB (Debajo de izquierda a derecha) Agar Mc Conkey y Agar Sangre, el detalle de la composición y fundamentos de reacción se encuentra en el Anexo 4.1.	75
Figura 16.-Tinción Gram de UFC para la muestra sembradas en agar Mc Conkey, resultados colonias Gram Negativas.	77
Figura 17.- Medición del pH del agua residual industrial, empleando el electrodo portátil pH Tester 30	79
Figura 18.- Comportamiento de pH para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas Ambiente 25°C y 37°C	80
Figura 19.- Detección del pH empleando el pH metro HANNA, antes de ser usado se tiene que calibrar para mejores resultados.....	81
Figura 20.- Buffers empleados para calibrar el pH metro HANNA, (de izquierda a derecha) Solución Buffer Borato pH 10, Solución Buffer fosfato pH 7 y Solución Buffer Biftalato pH 4.	81
Figura 21.- Variación del enjuague mediante la realización de la alcalinidad. (a) muestra del enjuague de leche fresca; (b) muestra con gotas de anaranjado de metilo al 0.1%; (c) muestra ya titulada con el acido clorhídrico 0.1N.se observa la variación de pH gracias al indicador anaranjado de metilo.	82
Figura 22.- Comportamiento de alcalinidad para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas Ambiente 25°C y 37°C	83
Figura 23.- Análisis de Cloruros (a) Muestra de agua residual industrial (b) muestra mas indicador Fenoltaleina al 1% (c) Titulación con nitrato de plata 0.1 N.....	84
Figura 24.- Comportamiento de cloruros para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas Ambiente 25°C y 37°C	85

Figura 25.- Comportamiento de DBO5 para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas Ambiente 25°C y 37°C	87
Figura 26.- Metodología para el análisis de DBO5, (a) isopado de un alcantarillado de aguas residuales domesticas, inculo empleado para el análisis de consumo de oxigeno, (b) Medición de pH a la solución saturada de Oxigeno (c) Frasco de Winkler empleado en la determinación de DBO5, se dejo a temperatura ambiente ya que no se contaban con incubadoras a 22°C.....	87
Figura 27.- Comportamiento de DQO para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas Ambiente 25°C y 37°C	89
Figura 28.- Procedimiento de análisis de DQO, (a) de izquierda a derecha, matraz con solcuion “blanco” y matraz con muestra, se observa la coloración producida al mezclar las soluciones con sulfato mercúrico (b) montaje del condensador tipo Friedrich se observa el matraz con la solución de color verde que contiene la muestra, y el matraz con solución naranja que contiene el “blanco”	90
Figura 29.- Comparación de los resultados en análisis microbiológicos a temperaturas Ambiente 25°C, Coliformes Totales por el método de NMP, Coliformes Termo tolerantes por el método del NMP, para Coliformes se realizo al prueba confirmativa empleando medio de cultivo EMB, Estreptococcus se empleo Caldo Rothe por la metodología del NMP.	93
Figura 30.- Comparación de los resultados en análisis microbiológicos a temperaturas Ambiente 25°C, Mesófilos viables, Salmonella, Pseudomonas, Mohos y Levaduras	94
Figura 31.- Comparación de los resultados en análisis microbiológicos a 37°C, Coliformes Totales por el método de NMP, Coliformes Termo tolerantes por el método del NMP, para Coliformes se realizo al prueba confirmativa empleando medio de cultivo EMB, Estreptococcus se empleo Caldo Rothe por la metodología del NMP.	97
Figura 32.- Comparación de los resultados en análisis microbiológicos a 37°C, Mesófilos viables por el método de vertimiento en placa, Salmonella en agar selectivo S.S., Pseudomonas en agar Cetrimide, Mohos y Levaduras en Agar Sabouroad.....	98

Figura 33.- Vessel, cuerpo principal del bioreactor donde: a. Es la parte cilíndrica, que aloja los puertos de toma de muestra 1 2 y 3 los cuales sirven para tomar muestras en el proceso de depuración y para luego decantar el agua tratada. b. Parte cónica, base del reactor es la zona donde de da mayormente la sedimentación de los lodos.	102
Figura 34.- Base cónica del bioreactor, a. Geometría de 6 cm de altura y una inclinación de 30° que sire para que el lodo biológico logre una buena sedimentación, b. ingreso de aire mediante la piedra difusora.	103
Figura 35.- Head plate, sirve de soporte para: c. puerto de ingreso de agua residual industrial láctea, a. indicador de temperatura, b. resistencia de 220 V.	103
Figura 36.- Tuberías de PVC empleadas para las conexiones de los puertos.....	104
Figura 37.- Válvula de bola empleada como regulador de flujo para puertos de ingreso y salida.....	104
Figura 38.- Piedra difusora de aire.....	104
Figura 39.- Manguera, parte del sistema de aireación.....	104
Figura 40.- Bomba de aire empleada para la inyección de aire al bioreactor.	104
Figura 41.- Base de fierro liso de 1 pulgada, empleado como soporte del bioreactor.....	105
Figura 42.- Resistencia.....	105
Figura 43.- Indicador de temperatura.....	105
Figura 44.-Diseño completo del bioreactor con partes ensambladas, ya construido, etapa de depuración de agua residual industrial láctea, temperatura ambiente, donde se observa la aireación de la mezcla del agua con el lodo microbiológico.	106
Figura 45.- Comportamiento de los costos de capital y utilitarios en dólares, de acuerdo a los diferentes factores de escalamiento, los datos completos y formulas desarrolladas se encuentran en el Anexo 7.	109

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Planos Hidrográficos	118
Anexo 2: D.S. N° 002 – 2008 – MINAM	121
Anexo 3: BPDF.....	134
Anexo 4: Aspectos Fisicoquímicos y Microbiológico.....	138
Anexo 4.1. Medios de Cultivos	139
Anexo 4.2. Preparación de Reactivos.....	152
Anexo 4.3. Tabla del Numero mas Probable.....	155
Anexo 5: Tablas de Resultados.....	156
Anexo 6: Planos Layout del SBR.....	159
Anexo 6.1. Plano Head Plate	160
Anexo 6.2. Plano Vessel.....	161
Anexo 6.3. Plano Corte Longitudinal del Vessel	162
Anexo 7: Spreadsheet.....	163
Anexo 8: Manual de instrucciones de HI 9828 – Medidor Multiparamétrico para la calidad del agua.....	167





NOMENCLATURA

DBO: Demanda Biológica De Oxígeno

DQO: Demanda Química De Oxígeno

SBR: Reactor Biológico Secuencial

LMP: Límites Máximos Permisibles

COT: Carbono Orgánico Total

CIP: Cleaning in Place – Limpieza de lugar

S.T: Sólidos Totales

FPD: Descenso del punto de congelación

IDF: International Dairy Federation

AOAC: Association of Official Agricultural Chemists

APHA: American Public Health Association

CIP: Cleaning in place - Limpieza en el lugar

L: litros

ml: mililitros

°C: grados Centígrados

min: minutos

atm: atmosfera

ppm: parte por millón

N: normalidad

M: molaridad

OD: Oxígeno Disuelto

mg: miligramos

h: horas

Π: pi valor

ρ: densidad

TMTC: Too Many To Count – demasiado para contar.

AUS. : Ausencia

S.D: Sin desarrollo

UFC: Unidades formadoras de colonias.

EMB: Agar con Eosina con azul de metileno

S.S: Agar Salmonella y Shigella

T.C.B.S.: Agar Tiosulfato Citrato Bilis Sacarosa

LIA: Agar lisa hierro

TSI: Agar hierro triple azúcar

in: pulgadas

PSI: libra por pulgada cuadrada

cm: centímetro

cm²: centímetro cuadrado

cm³: centímetro cubico

m: metro

mm: milímetro

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en diseñar y aplicar un Reactor Biológico Secuencial (SBR), el cual tiene como etapas de proceso, el llenado, agitación por aireación, sedimentación de lodos y vaciado de agua tratada.

Se realizaron pruebas preliminares para observar la variación de la composición de los enjuagues del CIP (agua residual industrial láctea). Se analizaron los siguientes parámetros: grasa, proteína, densidad, lactosa, sólidos totales, punto de congelación, pH y temperatura. Se determinó el uso de CIP de leche fresca debido a su contenido bajo en grasa.

Para la depuración de las aguas se empleó lodo microbiológico tomado de la poza de desagüe de la planta, el cual tuvo un proceso de activación en un proceso de 7 días, del cual se realizaron identificaciones microbiológicas. Siendo predominante la familia Enterobacteraceae.

Dentro del tratamiento se determinó dos temperaturas a trabajar: temperatura ambiente o 25°C y 37°C; las cuales son luego comparadas a fin de evaluar sus eficiencias. Para la determinación de los parámetros se trabajó con el D.S. N° 002 -2008 –MINAM. Alcanzando los estándares establecidos para el caso de los parámetros de pH, alcalinidad, cloruros y microbiológicos, según D.S. N° 002 -2008 –MINAM, Se obtuvieron valores de 393 mg/L y 1721 mg O₂/L, para DBO₅ y DQO respectivamente, sin embargo estos valores no se encuentran dentro de los estándares.

En el tratamiento del CIP, se obtuvo una eficiencia del 51%, a temperatura ambiente de 25°C, a comparación del tratamiento a 37°C en el cual se obtuvo una eficiencia de 37%.

En la construcción de la estructura de costos de capital, utilitarios y manufactura para el SBR, se determinó la relación directamente proporcional en los

parámetros. Para el escalamiento se tienen como parámetros base el volumen de agua a tratar y el tiempo de residencia.

Todos estos parámetros se analizaron a escala laboratorio, modelo que puede ser escalado y agregado al sistema de tratamiento de aguas de la planta concentradora Agroindustrial del Perú S.A.C. ubicada en Majes.

Palabras claves: SBR, depuración, DBO, DQO, agua residual industrial.



ABSTRACT

This research work was to design and implement a Sequential Biological Reactor (SBR), which has the processing steps, filling, agitation by aeration, sludge and treated water discharge.

Preliminary tests were performed to observe the variation in the composition of the rinses of the IPC (industrial wastewater milk). We analyzed the following parameters: fat, protein, density, lactose, total solids, freezing point, pH and temperature. Was determined using fresh milk CIP due to its low fat content.

For the purification of water was employed microbiological mud taken from the drain pool of the plant, which had an activation process in a process of 7 days, which were conducted microbiological identifications. Enterobacteriaceae family being predominant.

Within the treatment was determined two working temperatures: room temperature or 25 ° C and 37 ° C, which are then compared in order to assess its efficiency. For the determination of the parameters are working with D.S. N. 002 -2008, MINAM. Meeting the standards established for the case of the parameters of pH, alkalinity, chloride and microbiological, as D.S. N. 002 -2008, MINAM, Values of 393 mg / L and 1721 mgO₂ / L for BOD₅ and COD respectively, however these values are not within the standards.

In the treatment of CIP, had an efficiency of 51%, at room temperature of 25 ° C, compared with treatment at 37 ° C which had an efficiency of 37%.

In the construction of the structure of capital costs, utilities and manufacturing for the SBR, the ratio was determined directly proportional to the parameters. For scaling parameters are taken as a basis the volume of water to be treated and the residence time.

All these parameters were analyzed at a laboratory scale, a model that can be scaled and added to the water treatment system of the concentrator Agroindustrial del Peru SAC located in Majes.

Keywords: SBR, debugging, BOD, COD, industrial wastewater.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Debido a que Arequipa es una ciudad ganadera dedicada a la producción de derivados lácteos genera grandes volúmenes de residuo líquido desde el momento del acopio, concentración y elaboración de derivados lácteos.

Para la prevención de la polución del agua y del suelo solo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales.

El objetivo básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad. El retorno de las aguas residuales a nuestros ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de las mismas, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

En la concepción clásica del problema de la contaminación del agua, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes. Las cargas o concentración de contaminantes y nutrientes, constituyen el objeto de la regulación, por parte de las leyes, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella. La legislación pertinente está diseminada en diferentes textos legales, pero principalmente en el Decreto Supremo N° 002 -2008 -MINAM, Aprueban Los Estándares Nacionales De Calidad Ambiental Para Agua. (Anexo 2)

Es necesario llevar a cabo más proyectos de tratamientos de agua residual industrial, ya que a medida que una ciudad crece la industria también lo hace y esta genera residuos que de no ser tratados pueden llegar a generar impactos ambientales trascendentales que van a tener como consecuencias: enfermedades, contaminación de aguas, suelos, y aire.

La planta de Agroindustrial del Perú S.A.C. se encuentra localizada en la Manzana A- Lote B – Interior 1, Alto Siguan – Majes – CAYLLOMA. Los trabajos se iniciaron el 14 noviembre de 2002, iniciando proceso del evaporador también y de todas las áreas (Administración, Ingeniería, Control de calidad y Producción).

Agroindustrial del Perú S.A.C., tiene como política asegurar la satisfacción de sus clientes mediante la entrega de servicios que aseguren la calidad e inocuidad de la materia prima recibida y el producto entregado a nuestros clientes.

Agroindustrial del Perú S.A.C. consciente de que la calidad de sus servicios tienen un impacto importante en la calidad de los productos de sus clientes, cuenta con la colaboración e identificación de todo su personal implicado de manera indirecta o indirecta en las actividades y procesos, y se compromete a:

1. Cumplir las normas legales vigentes aplicables los requisitos expresados por sus clientes y aquellos establecidos voluntariamente por la empresa.

2. Utilizar equipos, maquinaria y tecnología apropiada operada con personal competente y motivado para mejorar continuamente la calidad de sus procesos y asegurar la calidad e inocuidad de la materia prima procesada.
3. Proporcionar a sus clientes, información eficaz y oportuna para asegurar el uso correcto de la materia prima recibida y el producto entregado.
4. Promover y mantener una comunicación suficiente, eficaz y oportuna con nuestros clientes, personal, proveedores, autoridades y u otras personas u organizaciones relacionada con la calidad e inocuidad.

1.1 Planteamiento del Problema

El proceso industrial de la planta Agroindustrial del Perú S.A.C. lleva a cabo acciones de limpieza para las líneas de producción, estos procedimientos empiezan con un pre lavado el cual utiliza una solución de soda a lo largo de la línea de producción, luego sigue una solución de ácido nítrico, para evitar contaminaciones esto se realiza en circuitos cerrados controlando por conductimetría antes de desechar las aguas de lavado, debido a su composición estas aguas residuales poseen elevados niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), lo que genera un importante impacto ambiental al ser llevados al alcantarillado público, estos grandes volúmenes de residuo líquido son acumulados en una piscina donde se los trata con químicos, procedimiento que genera un presupuesto para la planta, la investigación propone una solución amigable con el medio ambiente, beneficiosa con la economía de la planta y aprovechable por la localidad aledaña a la planta, ya que las aguas serían tratadas con microorganismos y estas agua podrían ser luego aprovechadas, por lo cual la investigación presenta un beneficio para la planta.

1.2 Justificación

Científica: En la presente investigación se abordará en forma objetiva y precisa la identificación de microorganismos que tengan la capacidad de degradar la materia orgánica a partir de una muestra de aguas residuales lácteas.

Académico: La investigación permitirá aportar conocimientos acerca de los procedimientos implicados en la identificación de microorganismos que sean como éstas son capaces de degradar carbohidratos.

Social: Este trabajo es necesario ya que las aguas residuales lácteas son un desecho que tiene un impacto ambiental significativo y al tratar estas aguas pueden emplearse para regadíos y alimentación de ganado.

Contemporización: Este trabajo reviste actualidad por cuanto existe en la comunidad científica y política una profunda sensibilización y una toma de decisiones acerca del aprovechamiento de aguas residuales lácteas.

Originalidad: Debido a la inexistencia de trabajos experimentales en nuestro medio, este trabajo brindara resultados importantes sobre nuevos tratamientos biológicos para aguas residuales.

Ambiental: debido a que los residuos líquidos de las plantas concentradoras de leche generan disminución en los niveles de oxígeno de las aguas de canales, esta investigación presenta una solución a este impacto ambiental.

1.3 Objetivos

GENERAL

- Diseñar y construir un Reactor Biológico Secuencial (SBR) para el tratamiento de aguas residuales lácteas generadas por la planta Agroindustrial del Perú S.A.C.

ESPECÍFICOS

- Obtener lodo microbiológico in situ, activar las cepas, identificarlas y emplearlas para la depuración de las aguas residuales lácteas.
- Caracterizar fisicoquímicamente agua residual láctea en pruebas preliminares.
- Evaluar y comparar los resultados de los análisis de los parámetros orgánicos, fisicoquímicos y microbiológicos, usados como indicadores en el tratamiento de aguas residuales industriales.
- Diseñar y construir un bioreactor tipo SBR para el tratamiento de aguas residuales lácteas.
- Tratar las aguas residuales industriales lácteas alcanzando los estándares establecidos según Decreto Supremo N° 002 -2008 – MINAM, Aprueban Los Estándares Nacionales De Calidad Ambiental Para Agua.
- Construir una estructura de costos de capital, utilitarios y manufactura para SBR, y analizar su escalamiento con fines productivos.

1.4 Hipótesis

Dado que las plantas industriales lácteas desechan sus aguas residuales con alto contenido de materia orgánica, sólidos suspendidos y grasa, generando un efecto ambiental, será posible el uso eficiente de un bioreactor tipo SBR con lodos activados para depurarlas parcial y/o totalmente.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Agua Residual Industrial

Agua residual es un desecho líquido proveniente de las descargas producidas por el uso del agua en actividades domésticas o de otra índole.⁽¹⁾

Aguas residuales: aguas cuya composición y calidad original han sido afectadas como resultado de su utilización. Estas aguas provienen de uso municipal, industrial, agropecuario y otros. El uso al que han sido sometidas ha degradado su calidad original al cambiar su contenido en materiales disueltos y/o suspendidos. Sinónimos de aguas residuales son aguas negras, aguas cloacales y aguas servidas.⁽²⁾

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio son transportadas mediante el sistema de alcantarillado. Se llama agua residual industrial a las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura.

Las aguas residuales de las industrias lácteas son generalmente neutras o poco alcalinas, pero tienen tendencia a volverse ácidas muy rápidamente a causa de la fermentación del azúcar de la leche produciendo ácido láctico, sobre todo en ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico, descendiendo el pH a 4,5 – 5,0. La composición de estas aguas incluye sustancias orgánicas disueltas como la lactosa, sales minerales y suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albúminas, y globulinas) con una DQO entre 2000 – 4000 mg/L y una DBO entre 2000 – 3000 mg/L. El consumo de agua en las industrias lácteas oscila entre 8,0 – 35 L/kg de leche.

Los principales procesos de la industria láctea que producen residuos contaminantes son los procesos de producción de quesos, cremas y mantequilla, el lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina.

La expresión de las características de un agua residual puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de su propósito específico; sin embargo, vale la pena anotar que toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que asegure precisión y exactitud de los resultados.

Tabla 1.-Las características más importantes de las aguas residuales⁽¹⁾

PARÁMETRO	MAGNITUD	
Sólidos totales	720	mg/L
Sólidos disueltos	500	mg/L
Sólidos disueltos volátiles	200	mg/L
Sólidos suspendidos	220	mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	165	mg/L
Sólidos sedimentables	10	mg/L

DBO	220	mg/L
COT	160	mg/L
DQO	500	mg/L
Nitrógeno total	40	mg/L-N
Nitrógeno orgánico	15	mg/L-N
Nitrógeno amoniacal	25	mg/L-N
Nitritos	0	mg/L-N
Nitratos	0	mg/L-N
Fosforo total	8	mg/L-P
Fosforo orgánico	3	mg/L-P
Fosforo inorgánico	5	mg/L-P
Cloruros	50	mg/L-Cl
Alcalinidad	100	mg/L-CaCO ₃
Grasas	100	mg/L

Los contaminantes presentes en las aguas Residuales Industriales se detallan en la Tabla 2.

Las Aguas Residuales tienen componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos. ⁽³⁾

Los carbohidratos son las primeras sustancias degradadas por las bacterias, como producción de ácidos orgánicos (por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez). Entre los principales ejemplos se pueden citar los azúcares, el almidón, la celulosa y la lignina.

Los lípidos (aceites y grasas) incluyen gran número de sustancias que tienen, generalmente, como principal característica común la insolubilidad en agua, pero son solubles en ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno. Están siempre presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasa y aceites vegetales en cocinas.

Tabla 2.- Contaminantes comúnmente presentes en aguas residuales y motivo de su importancia debido a los efectos que tienen sobre cuerpos biológicos⁽¹⁾

CONTAMINANTES	MOTIVO DE SU IMPORTANCIA
Sólidos Suspendedos	Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo de Oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas.
Microorganismos Patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades
Nutrientes	Tanto el Nitrógeno como el fosforo, junto con el carbono, son nutrientes especiales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesivas en el suelo, pueden contaminar también el agua subterránea.
Contaminantes importantes	Compuestos orgánicos e inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogenicidad, teratogenicidad o elevada toxicidad. Muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiene a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales.
Metales pesados	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual

Sólidos inorgánicos disueltos	Componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.
-------------------------------	---

Las grasas no son deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, provocan problemas de mantenimiento, etc. La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. El agua residual también contiene pequeñas concentraciones de gases disueltos. Entre ellos, el más importante es el oxígeno proveniente del aire que eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento. Además, del oxígeno, el agua residual puede contener otros gases, como dióxido de carbono, resultante de la descomposición de la materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, sulfuro de hidrógeno formado por la descomposición de compuesto orgánicos, gas amoníaco y ciertas formas inorgánicas del azufre. Estos gases, aunque en pequeñas cantidades, se relacionan con la descomposición y el tratamiento de los componentes del agua residual. ⁽²⁾En la figura 1 se observa la composición de las aguas residuales industriales para la planta de Agroindustrial del Perú S.A.C.

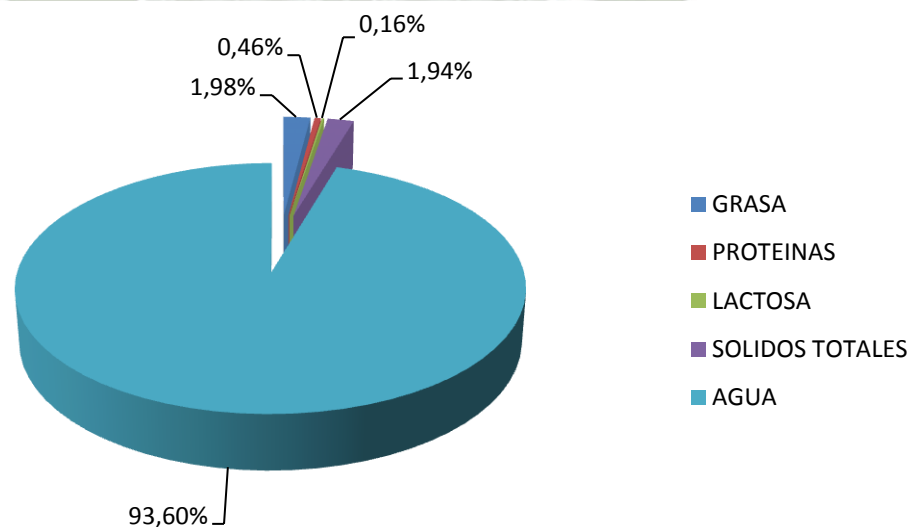


Figura 1.-Composición de las aguas residuales industriales lácteas para la planta Agroindustrial del Perú S.A.C. según monitoreos realizados empleando MilkoScan FT 120 FOSS, Fuente: Elaboración propia.

2.2. Producción de la planta Agroindustrial del Perú S.A.C

El sistema operativo de Agroindustrial del Perú S.A.C se encarga de la recepción, enfriamiento y evaporación de la leche fresca, (el proceso simplificado se muestra en la figura 2), obteniendo como producto final leche concentrada, este producto es enviado a las plantas procesadoras ubicadas en Huachipa, Lima y la planta de Arequipa, ambas pertenecientes al grupo gloria.⁽³⁵⁾

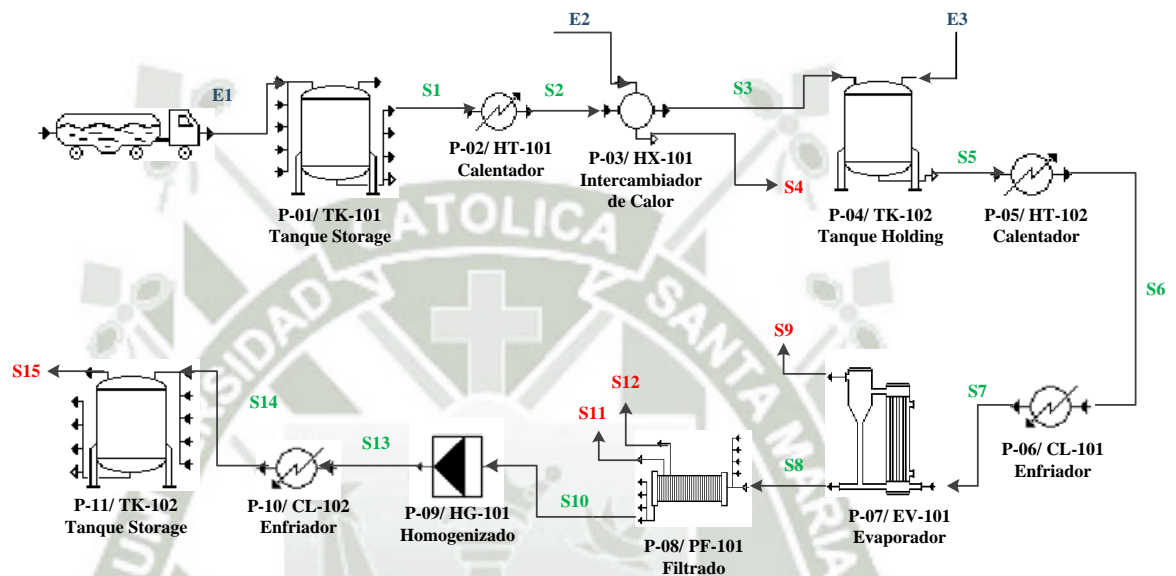


Figura 2.- Down StreamProcess, proceso simplificado de concentración de leche fresca en la planta Agroindustrial del Perú S.A.C. La explicación al DSP se encuentra en la tabla 32 del Anexo 3

2.3. Cleaning In Place

Para la producción de alimentos de alta calidad, todas las partes del proceso que estén en contacto con la materia prima durante la elaboración, deben estar escrupulosamente limpias. Tanto las tuberías, como intercambiador de calor, estanques y el secador, deben ser higienizados y sanitizados inmediatamente después de culminado el proceso productivo, para que en la próxima partida el sistema esté limpio y libre de microorganismos que contaminen el producto final.

Las siglas C.I.P. (cleaning in place) significan en español “limpieza en el lugar”, en otras palabras, sin desmontaje del equipo de producción. El propósito del sistema CIP es eliminar los depósitos de compuestos orgánicos propios del proceso como

restos de proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales y otros, que son nutrientes que estimulan el crecimiento bacteriano.

En el ciclo de limpieza CIP se realiza una limpieza química basada en los parámetros concentración y tipo de agentes de limpieza, temperatura y tiempo de lavado que permitan asegurar la inocuidad de los artefactos lavados. La suciedad se disuelve químicamente y la velocidad de flujo debe ser adecuada para arrastrar las partículas desprendidas de suciedad.⁽⁹⁾

Dentro de la planta de Agroindustrial del Perú S.A.C. el sistema CIP se da para los equipos, tanques y líneas de proceso. Se usa soda caustica para eliminar la grasa y el ácido nítrico para eliminar la piedra de leche es decir los minerales.

El agua que se utiliza proviene de Cuenca Camana- Majes- Colca, en el Anexo 1 se puede observar los planos geohidrográficos.

Para la realización del ciclo de limpieza se debe tener en cuenta las siguientes etapas:

- Pre-enjuague: es la primera etapa del proceso, este pre enjuague contiene enjuagues de soda y ácido con restos de leche.
- Circulación de Soda Caustica: se hace un llenado de ruta con solución de soda caustica, una vez llenado todo el tramo con dicha solución, luego se hace un drenaje en el tanque de enjuague. Posteriormente va entrar la solución de soda caustica pero sin trazas.
- Enjuague Intermedio: el llenado de ruta intermedio es con agua caliente para recuperar la soda, se va al tanque de solución de soda. Seguidamente ingresara agua caliente que proviene del tanque de condensado (es decir el agua que se recupera del evaporador). Este se recupera al tanque de pre-enjuague. Si el tanque de pre- enjuague se llena con este enjuague se vota al drenaje.
- Enjuague con Acido nítrico: se hace un llenado de ruta con una solución de ácido nítrico. A continuación se hace drenaje de esta solución en el tanque de

enjuague. Empieza el circuito de ácido nítrico. Finalmente se recupera la solución al final.

- Enjuague Final: Llenado con agua de red, luego se va al tanque de solución o drenaje. Se visualiza con el pH, tiene que ser neutro, si no es neutro se tiene que volver hacer enjuague con agua red. ⁽¹⁰⁾

2.4. Alternativas de Reactores para el tratamiento

Reactor UASB

Los reactores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) son un tipo de reactor tubular que operan en régimen continuo y en flujo ascendente, es decir, el afluente entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal, y sale por la parte superior. Son reactores anaerobios en los que los microorganismos se agrupan formando biogránulos. ⁽³⁶⁾

Esta tecnología se ha desarrollado fundamentalmente en Holanda a partir de 1975 y es ampliamente utilizada en Europa. Su fundamento es la obtención de flóculos bacterianos cuyas buenas características de sedimentación impidan su arrastre fuera del reactor. La etapa de arranque es crítica en la consecución de flóculos adecuados. En reactores de tamaño industrial aparecen dos zonas. La segunda característica específica del UASB corresponde al sistema de recogida de gas o separador gas líquido- sólido. Para impedir la fuga de flóculos de pequeño tamaño que ascienden adheridos a burbujas de gas, el sistema de sedimentación-desgasificación utilizado. Este ingenioso separador gas-sólido se comporta en realidad como un sedimentador interno y permite que el reactor opere abierto a la atmósfera.

El sistema de distribución del influente es otra de las claves de operación y en reactores de gran volumen puede ser limitante. Es conveniente que el influente no tenga sólidos no degradables. Para los sólidos degradables el propio lecho retiene a los sólidos y se posibilita su degradación, mientras que la acumulación de sólidos no degradables pueden perturbar la estabilidad. ⁽³⁶⁾

Reactor Biológico Secuencial – SBR

Los reactores biológicos secuenciales (SBR) son reactores discontinuos en los que el agua residual se mezcla con un lodo biológico en un medio aireado. El proceso combina en un mismo tanque reacción, aeración y clarificación. El empleo de un único tanque reduce sustancialmente la inversión necesaria. Otras ventajas de los SBR son la facilidad para el control de la operación, la buena flexibilidad ante fluctuaciones de caudal y concentración de las aguas residuales, y los buenos resultados obtenidos en el tratamiento de compuestos refractarios a los sistemas biológicos convencionales.

Un reactor discontinuo secuencial es un sistema de crecimiento suspendido en el que el agua residual se mezcla con un lodo biológico existente en un medio aireado. Es el único proceso biológico en el que se combina en un mismo tanque el proceso de reacción, aeración y clarificación. El sistema SBR consta de, al menos, cuatro procesos cíclicos: llenado, reacción, decantación y vaciado, tanto de efluente como de lodos

Por su configuración y características los SBR presenta las siguientes ventajas y beneficios:

- Bajo requerimiento de espacio, debido a que se requiere un solo tanque para realizar todo el proceso.
- Menor coste que los sistemas convencionales de tratamiento biológico, como consecuencia de la menor necesidad de terreno y de la simplicidad de los equipos.
- Mejor control del crecimiento de organismos filamentosos y de problemas de decantación.
- Permite eliminación de nutrientes. Los sistemas SBR pueden ser utilizados para realizar un proceso completo de nitrificación–desnitrificación, así como para la eliminación de fósforo. Estos dos parámetros son los que suelen dar más problemas cuando se trabaja con tecnologías convencionales.

- Menor tiempo de control requerido.
- Gran flexibilidad de funcionamiento en función de la duración de los ciclos y del modo de operar.
- Fácil reconocimiento y corrección de los problemas de decantación.
- Versatilidad para trabajar con fluctuaciones de caudal y de concentración de materia orgánica.
- Capacidad para la adaptación de los microorganismos a efluentes con elevado contenido en sales.^{4}

La tecnología es una variante optimizada de la tecnología convencional de lodos activados. Se basa en el uso de un sólo reactor que opera en forma discontinua secuencial. El sistema SBR consta de al menos cuatro procesos cíclicos: llenado, reacción, decantación y vaciado, tanto de efluente como de lodos. Esta tecnología es capaz de tolerar variaciones de carga y caudal y genera como producto lodos estabilizados. Dependiendo de la naturaleza del efluente a tratar es la calidad y las propiedades de los lodos generados.^{5}

La Figura 3 muestra un esquema del funcionamiento cíclico de un SBR, con las diferentes fases de que consta cada ciclo, que en ocasiones se pueden superponer en el tiempo según las necesidades del proceso.

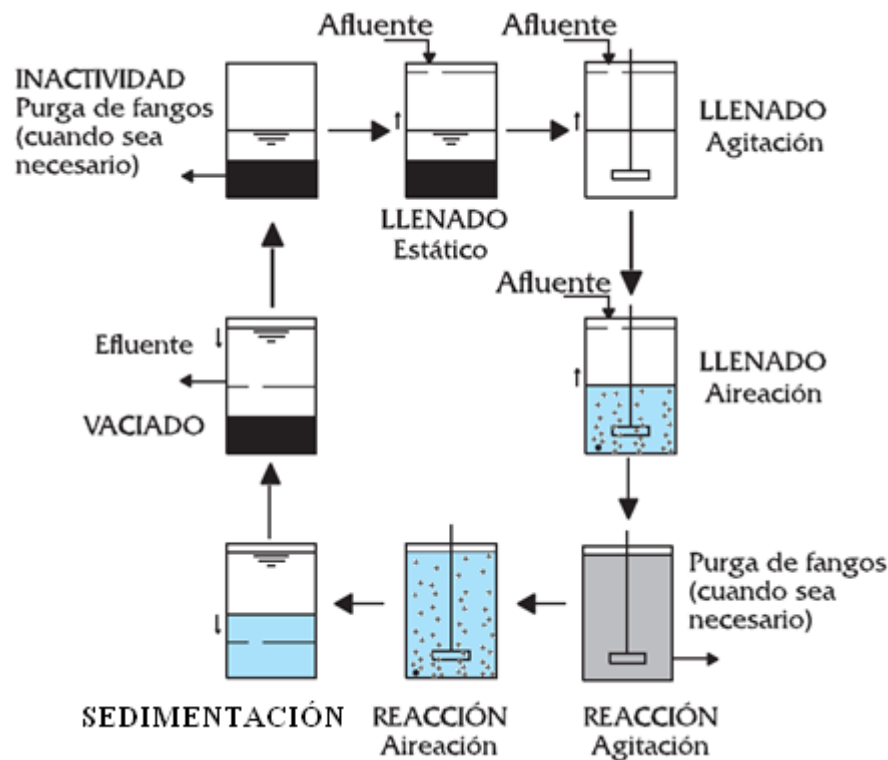


Figura 3. Esquema del proceso del funcionamiento de un reactor biológico secuencial SBR, se muestran las etapas del proceso 1. Aireación 2. Sedimentación 3. Vaciado. Todos estos procesos se dan en un mismo contenedor lo cual representa una ventaja sobre otros equipos.⁽²⁸⁾

La primera fase es la de llenado, durante la cual el agua residual a tratar se introduce en el reactor secuencial. Durante esta fase, el líquido de mezcla en el interior del reactor puede mantenerse en reposo o, por el contrario, puede estar en agitación y/o aireación. En el primer caso se denomina llenado estático, y se caracteriza por el objetivo de no promover las reacciones biológicas. En el segundo caso, la fase de llenado se superpone con la fase de reacción, durante la cual tienen lugar los procesos químicos y biológicos que permiten la depuración del agua residual. Las condiciones ambientales del llenado se pueden ajustar a la estrategia de depuración adoptada. En el estudio que aquí se presenta, se ha optado por un llenado con alternancia de fases con agitación y/o aireación para promover los procesos de eliminación de nutrientes y disponer de materia orgánica para ello. La purga de fangos se puede realizar al término de la fase de reacción.

Una vez finalizada la fase de reacción, los fangos biológicos decantan en el mismo reactor. Basta con parar los mecanismos de agitación y aireación para que los fangos biológicos floculados se depositen en el fondo del reactor y el agua residual tratada quede en la parte superior. La purga de fangos también se puede realizar de forma alternativa durante esta fase. La siguiente fase es la de vaciado, durante la cual se procede a la extracción del agua residual depurada. El agua restante en el reactor después de la fase de vaciado pasa a ser el volumen inicial de agua del ciclo siguiente. En algunas ocasiones puede transcurrir un cierto periodo de tiempo desde el vaciado hasta el inicio de un nuevo ciclo. A este periodo de espera se le denomina fase de inactividad.

Los ciclos operativos de estos SBR se programan desfasados en el tiempo, de manera que cuando finaliza la fase de llenado en uno de los reactores se inicia la fase de llenado del siguiente reactor, continuando así de forma indefinida. ⁽²⁸⁾

Como perspectiva futura se tiene la visión de escalar el sistema de tratamiento de aguas residuales e instalarlo dentro de la empresa Agroindustrial Del Perú S.A.C. para realizar el tratamiento de sus aguas residuales dentro de misma y usando medios biológicos y no químicos.

En el tema ambiental el proyecto es una alternativa eficiente de tratamiento de aguas residuales industriales, que reduce costos y es amigable con el medio ambiente, alcanzando niveles permisibles en agua antes de su vertido al alcantarillado.

Para el aspecto social es una respuesta a la necesidad de las poblaciones cercanas a la planta ya que estas aguas residuales suelen producir olores desagradables, atraer insectos y contaminar suelos.

2.5. Aspectos generales microbiológicos

Para un buen estudio de los microorganismos se debe realizar una secuencia de análisis microbiológicos para poder identificar la familia a la cual pertenecen dichos microorganismos.

El cultivo es el proceso de crecimiento de microorganismos mediante la toma de muestra y crecimiento en un medio artificial en el laboratorio. Una vez que los

cultivos se desarrollan la mayoría de las poblaciones bacterianas pueden ser observadas sin microscopia y están presentes en cantidades para permitir las pruebas de laboratorio.

Dentro de los requerimientos nutricionales de los microorganismos se incluye: agua, diversos iones, fuentes de nitrógeno y fuentes de carbono. Estos dos últimos requerimientos son aportados en su mayoría por los hidratos de carbono y proteínas.

Los medios de cultivo son utilizados en tres fases: líquida (caldo), sólida (agar) y semisólida que presenta una bifase que contienen una fase líquida y otra sólida. En los medios líquidos los nutrientes se disuelven en agua y el crecimiento se manifiesta con un cambio en el aspecto del caldo de límpido a turbio. La turbidez del caldo se debe a la deflexión de la luz por los microorganismos presentes en los cultivos.

Los medios sólidos se elaboran agregando un agente solidificante a los nutrientes y al agua. La agarosa, el agente más común tiene la propiedad de fundirse a temperaturas elevadas ($\geq 95^{\circ}\text{C}$) pero solo se vuelve a solidificar después de que su temperatura desciende por debajo de los 50°C .

Los medios se clasifican de acuerdo por su función y uso, hay cuatro categorías generales de los medios: enriquecimiento, mantenimiento de cepas, selectivo y diferencial.⁽²⁹⁾

Para los estudios de morfología de microorganismos tenemos los métodos de coloración con los que podemos observar a los microorganismos in vivo, debido a que las bacterias y otros microorganismos son pequeños y su protoplasto posee un índice de refracción cercano al agua, se requiere generalmente tinciones biológicas para visualizarlos adecuadamente o demostrar el detalle de sus estructuras internas. Las tinciones se llevan a cabo con soluciones acuosas u orgánicas de colorantes o grupo de colorantes que confieren una variedad de colores a microorganismos, tejidos animales, vegetales u otras sustancias de importancia biológica.

Los colorantes están constituidos en su mayoría por el anillo bencénico, y difieren uno de otro en cuanto al número y disposición de estos anillos y a la sustitución de los átomos de hidrógeno por otras moléculas. Ciertos radicales químicos poseen la propiedad de absorber luz de diferentes longitudes de onda, actuando como primas

químicos, la intensidad de coloración de un colorante es proporcional al número de radicales cromóforos del compuesto.^{30}

Pruebas metabólicas y bioquímicas

Con frecuencia, la identidad de una especie requiere que se conozca de manera detallada su actividad bioquímica, porque otras características no son suficientemente distintivas o diferenciales.

En el laboratorio disponemos de numerosas técnicas para la caracterización bioquímica de una especie. En general el microorganismo se cultiva en medios que contienen una sustancia nutritiva específica o sustrato y después de la incubación del cultivo se examina para ver los cambios químicos que hayan ocurrido. Además de los productos finales de los procesos metabólicos, también se necesita conocer con detalle cómo se producen estos cambios, como ocurren paso a paso las reacciones químicas, cuáles enzimas intervienen, cuales son los productos intermediarios además de que se deben reconstruir las secuencias de las reacciones bioquímicas que tienen lugar dentro de la célula.^{6}

La identificación definitiva de una especie requiere de pruebas bioquímicas. Permiten conocer las actividades metabólicas y enzimáticas de los microorganismos. Se debe conocer:

- Cambios que se producen.
- Reacciones químicas que ocurren.
- Enzimas que intervienen.
- Productos intermedios.
- Secuencias de las reacciones bioquímicas
- Prueba de sensibilidad/resistencia a antibióticos.^{7}

2.6. Tratamiento de aguas empleando lodos microbiológicos

La eliminación de la materia orgánica por oxidación biológica en los sistemas de depuración de aguas residuales por lodos activados depende de la actividad de una

mezcla de poblaciones de microorganismos heterótrofos. Por ello, para controlar estos procesos es indispensable reconocer los factores que regulan la actividad biológica de los microorganismos, disponiendo métodos rápidos y efectivos para la determinación de la actividad microbiana en los lodos activados. ⁽¹¹⁾

El proceso de lodos activados es el sistema biológico más ampliamente utilizado para el tratamiento de aguas residuales, tanto domésticas como industriales, de carácter orgánico. Fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Andem y Lockett y denominado así al suponer la producción de una masa activa de microorganismos capaz de estabilizar un residuo orgánico por vía aerobia.

El lodo activado es un proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque denominado reactor. Los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación, lugar del cual son recirculados nuevamente al tanque aireador o reactor.

En el proceso de lodos activados los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que ésta les sirve de sustrato alimenticio. Es importante indicar que la mezcla o agitación se efectúa por medios mecánicos superficiales o sopladores sumergidos, los cuales tiene doble función producir mezcla completa y agregar oxígeno al medio para que el proceso se desarrolle.

Todas las aguas residuales sedimentadas se mezclan con los lodos activados recirculados a la entrada del tanque de aireación. El volumen de lodos recirculados es de 20 a 30 % del volumen de aguas residuales que se van a tratar. Los tanques de aireación se diseñan de manera que proporcionen un tiempo de residencia hidráulica se seis a ocho horas. Los lodos activados se recirculan en un proporción que mantengan un contenido de sólidos de 1000 a 25000 ppm en el licor mixto. El índice

de lodos y su edad, según se determinen para cada planta, caerán respectivamente dentro de los límites de 100 a 200 y de 3 a 4 días. Se puede esperar una eficiencia global de la planta de 80-95%.⁽¹²⁾

Dentro de los tipos de lodos que se pueden dar de acuerdo a sus características tenemos:

- Fangos negros. Cuando los fangos presentan un color negro, a veces acompañado de un mal olor o simplemente de olor a confinado, es señal de desarrollo de fermentaciones anaerobias.
- Fangos desfloculados. En este caso los flóculos aparecen rotos en forma de numerosas partículas pequeñas que sedimentan mal, dejando un sobrenadante con fuerte turbiedad.
- Flóculos diseminados: Esta inspección se hace en los decantadores secundarios, cerca de los vertederos. A veces, pequeñas partículas sobrenadantes, casi transparentes, muy ligeras, suben a la superficie de los decantadores secundarios, cerca de los vertederos. Si estas partículas se observan cuando el agua tratada es transparente, es debido generalmente a que son partes ligeras de fangos nuevos. En este caso debe aumentarse la edad del fango, disminuyendo la purga de fangos en exceso.
- Flóculos «cabeza de alfiler»: (Pin-Point). Estos flóculos son compactos y muy pequeños, de un diámetro inferior a 1 mm, y se pueden observar en decantadores secundarios con sobrenadante moderadamente turbio.
- Fangos ligeros o bulking.

El examen microscópico de los fangos es muy útil, ya que permite seguir el desarrollo del tratamiento y, eventualmente, detectar algunas anomalías producidas por la presencia de una determinada especie bacteriana. En medias y grandes plantas, el microscopio es indispensable para detectar con seguridad la causa de un problema determinado, como el bulking, las espumas Nocardia, etc.

El flóculo biológico se compone de gran variedad de microorganismos: bacterias, levaduras, hongos, algas, protozoos, rotíferos, nemátodos y crustáceos. Los microorganismos primarios son bacterias que metabolizan la mayoría del sustrato orgánico. Los hongos, en condiciones normales, no pueden competir con las bacterias, y solamente lo pueden hacer en condiciones muy especiales. Los protozoos y rotíferos actúan como depredadores y purifican el agua consumiendo bacterias y materias orgánicas aisladas. ⁽¹³⁾

Tabla 3.- Tabla informativa de los organismos presentes en lodos activos.

ORGANISMO	CARACTERÍSTICAS	GRUPO
Bacterias	<p>Constituyen la población mayoritaria y más importante en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Las distintas actividades bioquímicas de las bacterias como grupo, les permiten metabolizar la mayor parte de los compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales. Son microorganismos heterótrofos, es decir, utilizan la materia orgánica como fuente de carbono.</p> <p>En los tratamientos aerobios encontraremos bacterias aerobias y facultativas, mientras que en los tratamientos anaerobios encontraremos bacterias anaerobias y facultativas. Una característica importante de algunas bacterias es su capacidad de flocular. Los flóculos que se forman están constituidos por bacterias unidas unas a otras y también por partículas orgánicas e inorgánicas. Gracias a la formación de estos flóculos, los fangos sedimentarán mejor y producirán un efluente final más transparente y de mejor calidad.</p>	-
Protozoos	<p>Son organismos unicelulares que pueden metabolizar tanto alimentos solubles como insolubles. Reducen la concentración de bacterias y materia orgánica particular y ayudan a que el efluente sea más claro y de mejor calidad. La mayoría son heterótrofos</p>	<p>Flagelados: Son pequeños de forma oval o alargados, activamente móviles por uno o más flagelos. Su presencia puede indicar niveles de DBO soluble altos. Los flagelados</p>

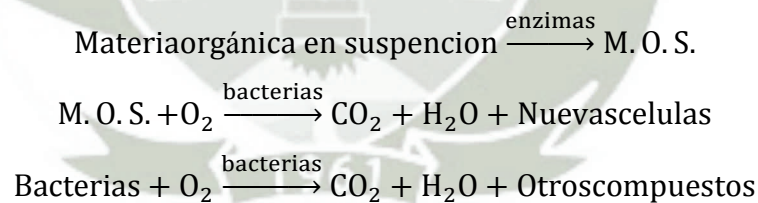
	<p>aerobios, existiendo algunos pocos anaerobios. Básicamente tienen dos funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Actúan eliminando el exceso de bacterias no floculadas, es decir, consumen bacterias que son libres o no formadoras de flóculos (bacterias dispersas). - Son un buen indicador directo de toxicidad, ya que son más sensibles a los tóxicos y a los cambios de oxígeno por lo que se utilizan como indicadores del funcionamiento de la planta. <p>Los grupos básicos que pueden observarse en los fangos activados son: Flagelados. Amebas. Ciliados nadadores libres. Ciliados pedunculados.</p>	<p>no son abundantes cuando el proceso de depuración funciona adecuadamente. Su elevada densidad en los reactores se relaciona con las primeras etapas de la puesta en marcha de la instalación, cuando las poblaciones estables de los protozoos ciliados no se han desarrollado todavía.</p> <hr/> <p>Amebas: Varían de forma y tamaño (10-200 μm) y se mueven mediante pseudópodos o falsos pies. Crecen bien sobre materia orgánica particulada y toleran medias de oxígeno disuelto bajo.</p>
<p>Ciliados</p>	<p>La presencia de protozoos ciliados en los fangos activos es de gran importancia en el proceso, ya que contribuyen directamente a la clarificación del efluente a través de dos actividades, que son la floculación y la depredación, siendo esta última la más importante.</p> <p>Existen diversos estudios que han demostrado experimentalmente que la presencia de protozoos ciliados en estaciones depuradoras mejora la calidad del efluente.</p> <p>Los ciliados se alimentan también de bacterias patógenas, por lo que contribuyen a la reducción de sus niveles.</p>	<hr/> <p>Ciliados nadadores libres: Tienen formas ovales, redondeadas, y se mueven mediante cilios. Generalmente están presentes bajo condiciones de formación de flóculos e indican un buen proceso de fangos activados. Ej.: Paramecio, Blepharisma, Litonotus.</p> <hr/> <p>Ciliados reptantes: Hipotricos: Algunas especies reptan sobre el fango alimentándose de las bacterias que encuentran a su paso.</p> <hr/> <p>Ciliados Pedunculados: Peritricos. Tienen un pedúnculo que puede ser fijo</p>

		<p>o contráctil, con el cual se fijan a los flóculos. Ej.: Vorticella, Opercularia, Epystilis.</p> <p>Suctorias: De cuerpo redondeado con o sin pedúnculo. Están provistos de unos tentáculos, que rodean su cuerpo, al final de los cuales se hallan unos botones que se fijan a otros protozoos, disuelven la membrana y los vacían.</p>
Metazoos	<p>Su presencia en los fangos activados es menor que la de los protozoos. Podemos encontrar rotíferos y nematodos.</p>	<p>Rotíferos: Son organismos pluricelulares. Tienen distintas formas y tamaños (50-500 mm) y tienen una estructura más compleja que los protozoos. Metabolizan partículas sólidas y se alimentan de protozoos y bacterias. Contribuyen a la clarificación del efluente. Indican tiempos de retención medio altos.</p> <p>Nematodos: La mayor parte de los que aparecen son predadores de bacterias dispersas y protozoos, pero también pueden aparecer formas saprozoicas capaces de alimentarse de la materia orgánica disuelta e incluso de la materia de los flóculos.</p>
Crustáceos	<p>Se encuentran en sistemas bien estabilizados utilizando organismos pequeños como fuente principal de alimento. Contribuyen a clarificar el efluente e indican efluentes de alta calidad.</p>	

2.7. Digestión Aeróbica

La digestión aeróbica es un proceso mediante el cual los lodos provenientes del sedimentador primario o de los lodos de los procesos aeróbicos de tratamiento, o una combinación de ellos, son sometidos a aeración prolongas en un tanque separado y descubierto. En este punto es preciso advertir que no se debe confundir la digestión aeróbica, la cual se realiza en un tanque separado, con la aeración extensiva, la cual tienen lugar en el mismo tanque de aeración. El proceso de digestión aeróbica es generalmente utilizado para estabilizar el exceso de lodos provenientes de los lodos activados, o los lodos combinados producidos en plantas pequeñas de tratamiento que no tengan digestión anaeróbica separada para los lodos primarios.

El proceso involucra la oxidación de la materia orgánica biodegradable y auto oxidación de la materia celular. El mecanismo mediante el cual se estabiliza los lodos depende del tipo de lodo que se esté tratando. La digestión aeróbica de lodos primarios se sucede en tres etapas. En la primera etapa los sólidos suspendidos orgánicos son solubilizados para que puedan ser asimilados por los microorganismos en la segunda etapa del proceso. La tercera etapa consiste en la auto oxidación de la materia celular sintetizada en la segunda etapa. Estas etapas pueden representarse esquemáticamente en la forma siguiente:

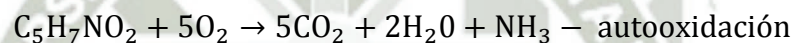
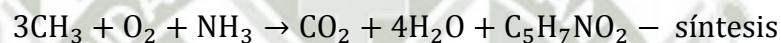


*M.O.S. = materia orgánica soluble

En las primeras fases del proceso de digestión aeróbica, cuando una población de microorganismos se pone en contacto con un sustrato ilimitado, los organismos se reproducen con una tasa de crecimiento poblacional logarítmico que solo está limitada por su propia habilidad de reproducirse. La tasa de consumo de

oxígeno aumenta rápidamente debido a la absorción y asimilación de materia orgánica para la síntesis de nueva masa protoplasmática.

A medida que progresa la oxidación de la materia orgánica disponible la tasa de crecimiento bacteriano empieza a disminuir pues las fuentes de carbono orgánico disponibles se hacen limitantes, y por consiguiente, también se presenta una disminución en la tasa de consumo de oxígeno. Cuando la cantidad de materia orgánica disponible es apenas suficiente para garantizar la subsistencia de las distintas especies de microorganismos, estos comienzan a auto oxidarse mediante su metabolismo endógeno. Si se acepta representar a la masa celular por $C_5H_7NO_2$ y a la materia orgánica por ácido acético, las anteriores reacciones de oxidación se pueden esquematizar de la siguiente manera:



Las reacciones esquemáticas anteriores nos indican que todo el carbono orgánico presente en las aguas residuales es oxidado y removido del sistema. Adicionalmente dichas reacciones indican que no se requiere suplementar el sistema con nutrientes, pues estos son recirculados entre los microorganismos, tal como se ilustra por el caso del nitrógeno. ⁽³⁷⁾

Ventajas de la digestión aerobia

La digestión aerobia es una alternativa viable con respecto a la digestión anaerobia para la estabilización de los lodos.

1. Una reducción de sólidos volátiles aproximadamente igual a la obtenida por vía anaerobia.
2. El sobrenadante obtenido tenía un contenido menor de DBO que el obtenido en digestión anaerobia. El sobrenadante aerobio tiene comúnmente una DBO menor de 100 mg/lit. Esto es importante ya que el tratamiento se facilita al no

tener la sobrecarga debido al reciclaje de los licores sobrenadantes con altos valores de DBO que se tienen en los digestores anaerobios.

3. Formación de un producto final inodoro, parecido al humus, que es biológicamente estable y que puede ser fácilmente eliminado.
4. Producción de un lodo con excelentes características de deshidratación.
5. Recuperación de los valores fertilizantes básicos del lodo.
6. Hay menos problemas de operación debido a que el sistema es más estable. Es por esto que se requieren menores costos de mantenimiento y menor mano de obra especializada para la operación de la planta.
7. Menor inversión de capital. ^{16}

2.8. Aspectos generales análisis fisicoquímicos

a. Temperatura:

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. ⁽²²⁾

Las temperaturas elevadas (mayores a 37°C) en el agua son indicadores de actividad biológica, química y física en el agua, lo anterior tiene influencia en los tratamientos y abastecimientos para el agua, así como en la evaluación limnológica de un cuerpo de agua, por lo que es necesario medir la temperatura como un indicador de la presencia de compuestos y contaminantes en el agua. El valor de temperatura es un criterio de calidad del agua para la protección de la vida acuática y para las fuentes de abastecimiento de agua potable, es también un parámetro establecido como límite máximo permitido en las descargas de aguas residuales y una especificación de importancia en los cálculos de balance de energía y de calor de los procesos industriales. Para la aplicación se debe contar con un instrumento de medición certificado o trazado a uno certificado. ⁽²⁵⁾

b. pH:

Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua. Este parámetro tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua. Por lo general, un agua con pH menor de 6,0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales.

Un pH ácido en el agua no necesariamente indica la presencia de ácidos, pues algunas sales como las de aluminio pueden generar pH 4 por hidrólisis.

La estabilidad del agua depende del pH. Una planta de tratamiento debe producir agua que no sea ni corrosiva ni incrustante, presentándose en un rango de 6 a 8. En la práctica, esto significa que el pH del agua tratada debe ser ligeramente mayor que el pH de saturación. En otras palabras, el índice de saturación debe ser ligeramente positivo.

La medición del pH debe realizarse in situ, ya que puede sufrir variación importante en el transcurso del tiempo, debido a diversas causas, entre las cuales se encuentran la sobresaturación de CO₂, como consecuencia de la presencia de plantas acuáticas o su contenido en el aire, reacciones químicas, temperatura. La variación del pH entre las mediciones en campo y las realizadas en el laboratorio puede llegar hasta la unidad, a pesar de haberse efectuado el mismo día.⁽²²⁾

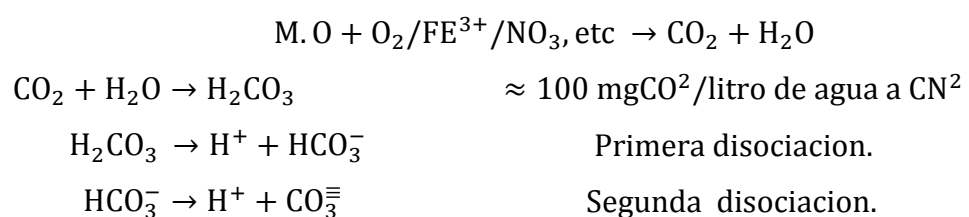
El electrodo de vidrio es un electrodo no convencional, cuya diferencia de potencial se desarrolla a través de una membrana que conecta iónicamente dos disoluciones, una interna (propia del electrodo) y otra externa (que es la de medida). Este potencial es sensible a los cambios en la actividad del ion hidrógeno en la disolución problema.⁽²³⁾

El valor de pH es un parámetro regulado por límites máximos permisibles en descargas de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores, también es un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas, para contacto primario y para el consumo humano.⁽²⁴⁾

c. Alcalinidad total

La alcalinidad de una muestra se debe a la presencia de hidróxilo (OH^-), carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-); estos tres iones son responsables de la alcalinidad del agua. La alcalinidad total es la medida de los contribuyentes básicos del agua, la cual puede ser comúnmente causada por estos tres iones. ⁽¹⁴⁾ La alcalinidad total nos muestra la capacidad tapón del agua, es decir, la capacidad del agua de neutralizar, su principal función es indicarnos cuando los niveles de pH son muy básicos o muy ácidos; cuando esto ocurre se debe recurrir a los correspondientes niveladores. Los productos alcalinos estabilizan los niveles de pH en alrededor de 7 y, gracias a su efectividad, se han convertido en los más comercializados; éstos se oponen a la acidez y neutralizan los ácidos al combinarse con ellos. La alcalinidad total nos brinda una guía para escoger el tratamiento adecuado para terminar con un agua cruda o un efluente. ⁽³⁾

La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica. La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor. ⁽²²⁾ En la mayoría de los cuerpos de aguas naturales, tienen su origen en el sistema carbonato (los iones). Debido a que el dióxido de carbono y bicarbonatos forman parte del metabolismo de los organismos vivos, aeróbicos o anaeróbicos, donde quiera que haya agua, materia orgánica y unas condiciones mínimas de supervivencia. Ya que es frecuente en la mayoría de cuerpos de agua que nos rodean, el sistema carbonato está presente en todos ellos: ⁽²⁶⁾



d. Cloruros

El ión cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, su presencia es necesaria en aguas potables.⁽¹⁵⁾ El ión cloruro (Cl^-), es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual.

Un contenido elevado de cloruros puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal, no así en las aguas de consumo humano donde no representan más inconvenientes que el gusto desagradable del agua, además de no plantear problemas de potabilidad. En las volumetrías de precipitación se mide el volumen de solución patrón necesario para precipitar completamente un catión o anión del compuesto que se analiza, provocándose una reacción en que el analito y el agente valorante (patrón) forman un precipitado insoluble.⁽²⁷⁾

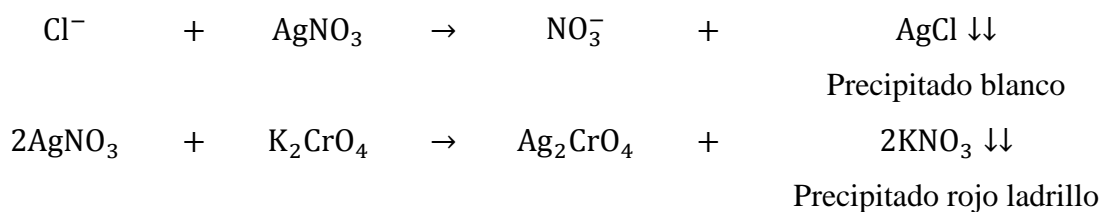
Por sus características químicas y la gran solubilidad de la mayoría de los cloruros, su remoción requiere métodos sofisticados y costosos, muchos de ellos impracticables, especialmente cuando se trata de volúmenes relativamente altos. Los límites fijados en el agua por las normas de calidad se sustentan más en el gusto que le imparten al agua que en motivos de salubridad.⁽²²⁾

Método de Mohr:

Este método se utiliza para determinar iones cloruro mediante una valoración de precipitación, donde el ión cloruro precipita como AgCl (cloruro de plata), utilizando como patrón una solución de AgNO_3 (nitrato de plata) de concentración conocida y como indicador el K_2CrO_4 (cromato de potasio) que comunica a la solución en el punto inicial una coloración amarilla y forma en el punto final un precipitado rojo ladrillo de Ag_2CrO_4 (cromato de plata) observable a simple vista.

La solución problema (contenida en el erlenmeyer) debe tener un pH neutro o cercano a la neutralidad, ya que si el $\text{pH} \leq 7$ se disolvería el Ag_2CrO_4 y dificultaría la

detección del punto final de la valoración y un pH $\gg 7$ provocaría la precipitación del catión Ag^+ como AgOH (hidróxido de plata) de color pardo y cometeríamos error.



Como la solubilidad del $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$ es mayor que la del $\text{AgCl}(\text{s})$, este último precipita primero. Frente al primer exceso de AgNO_3 añadido, el catión Ag^+ reacciona con el K_2CrO_4 (no hay Cl^- libre en solución) precipitando así el Ag_2CrO_4 y marcando el punto final de la valoración por la aparición del precipitado de color rojo ladrillo producido por él.⁽¹⁵⁻¹⁶⁻²⁷⁾

e. DBO5

La Demanda Biológica de Oxígeno se define como DBO de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias, hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l.

Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20°C ; esto se indica como DBO5.

Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua. De acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo.⁽⁴⁾ La determinación de la demanda biológica de oxígeno es una prueba empírica en la que se utiliza en procedimientos estandarizados de laboratorio

para determinar los requerimientos relativos de oxígeno de las aguas residuales, efluentes y contaminadas.

La prueba mide el oxígeno utilizado, durante un periodo de incubación especificado, para la degradación bioquímica de la materia orgánica, y el oxígeno utilizado para oxidar la materia orgánica, como sulfuros y el ión ferroso. Puede también medir el oxígeno utilizado para oxidar los compuestos reducidos del nitrógeno. ⁽⁵⁾

Las pruebas de DBO constituyen una estimación “semi-cuantitativa” de la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable que contiene una muestra de agua. Ya que no existen formas directas para medir una diversidad tan grande de sustancias, como la que puede ser cobijada bajo el rotulo de materia orgánica fácilmente biodegradable, los métodos de medición se fundamentan en una ponderación indirecta basada en la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar biológicamente la materia orgánica presente.

Así, si hay mucha materia orgánica fácilmente biodegradable en una muestra, una población de microorganismos aeróbicos adicionada a esta, deberá crecer sin dificultad y si hay un crecimiento apreciable en la población de estos microorganismos, entonces ocurrirá un descenso en la concentración del oxígeno disuelto del sistema. Por tanto, el descenso en la concentración de oxígeno disuelto en la muestra, es directamente proporcional a su concentración en materia orgánica. La magnitud de este descenso es lo que se conoce como DBO.

Las pruebas de DBO constituyen un índice general cualitativo del contenido de materia orgánica presente en la muestra, que es susceptible de sufrir oxidación biológica, en un corto periodo de tiempo. En la categoría de rápidamente biodegradable (biodegradable a cinco días) tienen cabida particularmente las sustancias que componen la parte orgánica de las aguas residuales domésticas, esto es, los carbohidratos, los simples y los de cadenas cortas (péptidos), los lípidos (los ácidos grasos libres y los triglicéridos) y los fragmentos de cadenas proteicas (péptidos).

La importancia de las pruebas de DBO radica en que permiten calcular o predecir, cuando menos aproximadamente, el efecto que causaría una determinada descarga de aguas residuales sobre la concentración de oxígeno disuelto de un cuerpo de aguas receptor. Dicho en otras palabras, las pruebas de DBO permiten evaluar la tolerancia de los cuerpos de agua receptores para asimilar descargas de materia orgánica.

Se debe tener en cuenta que aun cuando las pruebas de DBO se realicen siguiendo un procedimiento riguroso y preciso, por su misma naturaleza los resultados suelen variar en un rango mucho más amplio que el de cualquier otro parámetro en Calidad de Aguas. Por su laboriosidad, operatividad y naturaleza, las pruebas de DBO son quizá, el parámetro más difícil de medir en una muestra de agua. ⁽⁶⁾

Este parámetro determina la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica en un periodo de 5 días. La demanda biológica de oxígeno en las aguas residuales es el resultado de tres tipos de materiales: materiales orgánicos carbónicos, utilizables como fuente de alimentación por organismos aeróbicos; nitrógeno oxidable, derivado de la presencia de nitritos, amoníaco, y en general compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como alimentación de para bacterias específicas (nitrosomas y nitrobacter); compuestos químicos reductores: ion ferroso, sulfitos, sulfuros, que se oxidan con el OD. ⁽¹⁷⁾

f. DQO

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), que también se reflejan en la medida.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una

cantidad apreciable de materia orgánica. Este ensayo es muy útil para la apreciación del funcionamiento de las estaciones depuradoras. No es aplicable, sin embargo, a las aguas potables, ya que al tener un contenido tan bajo de materia oxidable la precisión del método no sería adecuada. En este caso se utiliza el método de oxidabilidad con permanganato potásico.^{1}

La DQO es una medida aproximada del contenido total de materia orgánica presente en una muestra de agua. Esta materia orgánica en condiciones naturales puede ser biodegradada lentamente (esto es oxidada) a CO_2 y H_2O mediante un proceso lento que puede tardar, desde unos pocos días hasta unos cuantos millones de años, dependiendo del tipo de materia orgánica presente y de las condiciones de la biodegradación.

En las pruebas de DQO se acelera artificialmente el proceso de biodegradación que realizan los microorganismos, mediante un proceso de oxidación forzada, utilizando oxidantes químicos y métodos debidamente estandarizados, que tienen por objeto garantizar la reproducibilidad y comparabilidad de las mediciones.⁽⁷⁾

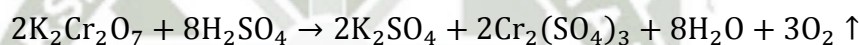
El método que involucra el uso de dicromato es preferible sobre procedimientos que utilizan otros oxidantes debido a su mayor potencial redox y su aplicabilidad a una gran variedad de muestras. Se describen dos métodos para la determinación de DQO con dicromato. El método a reflujo abierto es conveniente para aguas residuales en donde se requiera utilizar grandes cantidades de muestra. El método a reflujo cerrado es más económico en cuanto al uso de reactivos, pero requiere una mayor homogeneización de las muestras que contienen sólidos suspendidos para obtener resultados reproducibles.⁽⁸⁾

La DQO estima la materia oxidable presente en el agua cualquiera que sea su origen, orgánico o inorgánico. El principio general el método es: las sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables presentes en la muestra, se oxidan mediante reflujo en solución

fuertemente ácida (H_2SO_4) con un exceso conocido de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en presencia de sulfato de plata (AgSO_4) que actúa como agente catalizador, y de sulfato mercuríco (HgSO_4) adicionado para remover la interferencia de los cloruros. Después de la digestión, el remanente de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sin reducir se titula con sulfato ferroso de amonio; se usa como indicador de punto final el complejo ferroso de ortofenantrolina (ferroina). La materia orgánica oxidable se calcula en términos de oxígeno equivalente. En presencia de materia orgánica en la muestra se tiene:



Cuando la ebullición es muy prolongada y en ausencia de materia orgánica puede ocurrir la siguiente reacción:



El principio general el método es: las sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables presentes en la muestra, se oxidan mediante reflujo en solución fuertemente ácida (H_2SO_4) con un exceso conocido de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en presencia de sulfato de plata (AgSO_4) que actúa como agente catalizador, y de sulfato mercuríco (HgSO_4) adicionado para remover la interferencia de los cloruros. Después de la digestión, el remanente de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sin reducir se titula con sulfato ferroso de amonio; se usa como indicador de punto final el complejo ferroso de ortofenantrolina (ferroina). La materia orgánica oxidable se calcula en términos de oxígeno equivalente. ⁽¹⁸⁻¹⁹⁻²⁰⁾

g. Milko Scan FT 120

MilkoScan™ FT 120 se basa en el principio de medición FTIR (infrarrojo por transformada de Fourier) en conformidad con los estándares IDF y AOAC. En sólo 30 segundos realiza el análisis de composición de una muestra y determina hasta 24 parámetros distintos. Es un instrumento idóneo tanto para control de procesos como

para el análisis de laboratorio. Este equipo también genera resultados para proteína, lactosa, sólidos totales (S.T), densidad y FPD (Descenso del punto de congelación).

La configuración básica permite realizar determinaciones de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos en leche, nata y otros derivados. MilkoScan FT 120 es muy sencillo de utilizar. Todas las operaciones de rutina son controladas desde una misma pantalla. Las muestras pueden ser analizadas sin necesidad de precalentamiento y los datos se almacenan automáticamente. El módulo de limpieza automática y puesta a cero se encarga de estas tareas y consigue un funcionamiento más eficiente y seguro.^{2} Los parámetros dados por el MilkoScan se presentan en unidades de porcentaje (%).



CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de Ejecución

El proyecto se ejecutó en la planta Agroindustrial Del Perú S.A.C. ubicada en la carretera Panamericana Sur manzana A Lote B interior 1 Alto Siguas distrito de Majes provincia de Caylloma, completándose en los laboratorios H-101 y H-301 de la Universidad Católica de Santa María.

3.2. Materiales

Equipos

- Multiparámetro Hanna HI 9828
- Espectrofotómetro UV- Visible 1700 Pharmaspec Shimadzu
- pH tester 30 BNC Spear
- Balanza gravimétrica Scout Pro 200 g OHAUS HW. Kessel S.A.
- Balanza gravimétrica OHAUS Pioneer™
- Estufa Fisher Scientific
- Incubadora Fisher Scientific Isotemp Incubator

- Microscopio ZEISS Primo Star HW. Kessel S.A.
- Autoclave Beltec Scientific S.R.L. Modelo LS-B50L
- Refrigeradora Coldex
- Cocinilla y Mechero Bunsen
- Agitador Magnético GallenKamp
- Cronómetro
- MilkoScan FT 120 FOSS

Materiales de construcción del SBR

- Acrílico
- Mangueras de ½ pulgada
- Tuberías de PVC de ½ pulgada
- Válvulas
- Armazón de hierro liso
- Sistema de aireación

Materiales de Laboratorio

- Coolers
- Buretas volumétricas de 25 ml DURAN
- Probetas de 1000, 100 y 50 ml DURAN
- Matraces Erlenmeyer de 250 ± 50ml DURAN
- Fiolas aforadas de 250, 100 y 50 ml DURAN
- Beakers de 500, 250 y 100 ml DURAN
- Pipetas graduadas de 10, 5 y 1 ml DURAN
- Micropipetas 50-200µl y 200- 1000 µl ROTH
- Condensador Friedrich DURAN
- Frascos de Winkler 300 ml BOD
- Embudos de vidrio
- Frascos para preparación de medios microbiológicos 1000, 250 y 100 ml BOECO Germany
- Placas Petri de vidrio 100 x 15 mm
- Tubos de Ensayo de 15 x 150mm DURAN

- Tubos de Ensayo de 16 x 100 mm DURAN
- Tubos de Ensayo de 20 x 125 mm DURAN
- Campanas de Durham
- Gradillas
- Asa de Kholle
- Soporte universal
- Espátula
- Papel filtro
- Algodón

Reactivos

- Agua para dilución o desionizada con una conductividad menor que 5 $\mu\text{S/cm}$ (μS = microsiemens)
- Agua destilada
- Agua Oxigenada
- Reactivo Indol de Kovacs
- Carbonato de sodio, Na_2CO_3 (Merck)
- Ácidos sulfúrico concentrado (Sigma SRL)
- Indicador rojo de metilo (Merck)
- Indicador púrpura de metacresol (Merck)
- Indicador fenolftaleína (Merck)
- Indicador anaranjado de metilo (Merck)
- Tiosulfato de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Sigma SRL)
- Dicromato de Potasio K_2CrO_4 (Sigma SRL)
- Nitrato de Plata AgNO_3 (Delta Química)
- Cloruro de Sodio NaCl (Delta Química)
- Hidróxido de Aluminio $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Delta Química)
- Fosfato de Potasio Monobásico, KH_2PO_4 (Delta Química)
- Fosfato de Potasio Dibásico, K_2HPO_4 (Delta Química)
- Cloruro de Amonio, NH_4Cl (Delta Química)
- Sulfato de Magnesio Heptahidratado, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Delta Química)

- Cloruro de Calcio, CaCl_2 (Delta Química)
- Sulfito de Sodio NaSO_3 (Delta Química)
- Inóculo de Carga Bacteriana
- Sulfato ferroso amoniacal hexahidratado $(\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ (Merck)
- Sulfato de plata $\text{Ag}_2(\text{SO}_4)$ (Merck)
- Fenantrolina $(\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)$ (Merck)
- Sulfato mercuríco $(\text{Hg}(\text{SO})_4)$ (Merck)
- Biftalato de potasio patrón primario $(\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK})$ (Merck)
- Sulfato ferroso heptahidratado $(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ (Merck)
- Cloruro de magnesio, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Delta Química)
- Acetato de sodio, $\text{CH}_3\text{COO} \cdot \text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Delta Química)
- Nitrato de potasio, KNO_3 (Delta Química)
- Ácido acético al 99% CH_3COOH (Delta Química)
- Cloruro de bario, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en cristales, con tamaño de partícula entre 20 y 30 micrones. (Delta Química)
- Sulfato de sodio anhidro, Na_2SO_4 (Delta Química)
- Tartrato de antimonio y potasio, $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (Delta Química)
- Molibdato de amonio, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Delta Química)
- Ácido ascórbico $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ (Delta Química)
- Amoniaco al 25% (en NH_3) (Delta Química)
- Sulfato de aluminio potasio dodecahidratado $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (Delta Química)
- Ácido sulfanílico $\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}_3\text{S}$
- Tricolorometano estabilizado con etanol CHCl_3
- Fenol cristalizado (cristales sueltos)
- Nitrito de sodio NaNO_2
- Caldo Lactosado (Merck)
- Caldo Selenito (Merck)
- Agar KF (Merck)

- Agar SS (Merck)
- Caldo Triptona(Merck)
- Agar Nutritivo(Merck)
- Agar Mueller Hinton(Merck)
- Agar LIA(Merck)
- Agar TSI(Merck)
- Agar Mc Conkey(Merck)
- Agar TCBS(Merck)
- Agar Cetrinida(Merck)
- Agar EMB (Merck)
- Agar Baird Parker (Merck)
- Agar Sangre (Merck)
- Agar Sabouraud (Merck)

Materiales de Costo y escalamiento

- Para elaboración de costos se utilizó las ecuaciones para poder realizar los análisis de costos de capital, utilitarios y manufactura, los cuales se encuentran detallados en el Anexo 5.
- Para el escalamiento se utilizó la herramienta Excel – Spreadsheat, con la cual se realizaron los cálculos empleados en la diseño del bioreactor, se colocaron los factores correspondientes a las modificaciones de escala.

3.3. Métodos

3.3.1. Pruebas preliminares al agua residual industrial láctea

Para conocer la composición de las aguas residuales industriales lácteas, se realizó un monitoreo durante dos meses, a fin de observar si el lodo puede presentar conflictos con las características del agua del enjuague, durante la activación de su microflora. Se monitoreo los siguientes parámetros fisicoquímicos: densidad, punto de congelación, grasa, lactosa, sólidos totales y proteínas, todos ellos fueron analizados

por el MilkoScan FT120 FOSS. Temperatura y pH fueron determinados empleando un pHmetro HANNA.

Las muestras provinieron de agua de enjuague tanques de leche fresca y de leche concentrada, tomando en ambos casos grasa como parámetro principal, debido a que los microorganismos pueden llegar a presentar inconvenientes en su metabolismo cuando el agua residual industrial láctea presenta elevados porcentajes de grasa.

A. Metodología del MilkoScan FT120 FOSS

Este monitoreo consistió en analizar muestras de agua residual industrial en el MilkoScan FT120 FOSS, tomando como principales parámetros a la temperatura y pH.

Para poder analizar las muestras se procedió de la siguiente manera:

- Se recolecto 160 ml de muestra aproximadamente.
- Se le agrego 3 gotas de formol, debido a que el MilkoScan está calibrado con este componente. El formol sirve como perseverante sobre las enzimas propias de la leche evitando que acidifiquen la muestra.
- Se filtró la muestra para eliminar impurezas de tamaño considerable (astillas, piedras, etc.).
- Se calentó la muestra a 39°C con la finalidad de que la grasa no coagule y se obtenga una muestra homogénea.
- Se agito la muestra de 10 a 15 veces invirtiendo la botella, se evitó agitar vigorosamente para no formar espuma debido a la hidrólisis de proteínas.
- Se procedió a analizar la muestra por el MilkoScanFT120 FOSS.

3.3.2. Toma de la muestra de agua residual industrial láctea

Se usó como muestra el agua proveniente del Cleaning in place (CIP) de leche fresca, como punto de muestreo se tomó la poza de desagüe, se empleó un balde con una capacidad de 5 L.

3.3.3. Obtención del lodo microbiológico

Se empleó una raqueta para tomar el lodo del fondo de la poza de desagüe, se recolectó 6 Kg.

3.3.4. Activación del lodo microbiológico

Para poder usar este lodo, se pasó primero por una etapa de activación, debido a que los microorganismos, en su etapa inicial, requieren una aireación prolongada. De esta manera es que se adaptan a las condiciones.

La relación para el lodo es de 1:3 - lodo: agua residual, se colocó el lodo en el bioreactor y se agregó un volumen de 3 L de agua de enjuague de leche fresca procedente de la poza de desagüe, iniciando el proceso de aireación, monitoreándolo durante 7 días: este monitoreo consistió en analizar los valores de pH, y se realizó pruebas organolépticas, ya que los lodos que se buscaron debían poseer un olor agridulce.

3.3.5. Identificación microbiológica del lodo activado

Se realizó la identificación de diferentes microorganismos, empleando medios selectivos y pruebas bioquímicas.

1. Muestra de lodo biológico

Se obtuvo la muestra de lodo de la poza de desagüe, 180ml los cuales fueron trabajados conservando la viabilidad de los microorganismos.

2. Dilución de la muestra

Se tomó 10 ml de la muestra y se realizaron diluciones seriadas en caldo triptona obteniendo valores de 10^{-1} hasta 10^{-5} .

Se prepara 150 ml de caldo triptona, de este volumen se tomaron 90 ml en un frasco y cuatro tubos de ensayo de 15 x 160 mm en los que vertimos 9 ml de caldo en cada uno. Se rotularon los tubos.

Una vez distribuido el volumen de caldo triptona se autoclava el material a 121°C durante 15 min a 1.5 atm.

Terminado la etapa de esterilización en autoclave dejamos enfriar hasta una temperatura aproximada de 37°C, el procedimiento se detalla a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4.-Procedimiento para la preparación de diluciones para una muestra de lodo.

	FRASCO	TUBO			
		1	2	3	4
Diluyente	90 ml	9 ml	9 ml	9 ml	9 ml
Muestra	10 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
Dilución	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}

Tomamos 10 ml de muestra de lodo biológico y lo vertimos en el frasco de la dilución 10^{-1} , posteriormente tomamos 1 ml de la dilución 10^{-1} y lo vertimos en la dilución 10^{-2} y así sucesivamente hasta completar las cuatro diluciones

Se debe tener cuidado y no emplear las mismas pipetas para traspasar los volúmenes ya que se arrastran microorganismos en las paredes de las mismas lo cual invalidaría la secuencia matemática de las diluciones.

3. Sembrado en medio de cultivo

Una vez realizada las diluciones se procedió a sembrar en los diferentes medios de cultivo señalados en la Tabla 5, los cuales fueron preparados de acuerdo a las especificaciones de proveedor. Este procedimiento se realizó por duplicado para asegurar los resultados.

Tabla 5.- Medios de cultivo empleados para la identificación de microorganismos del lodo. ⁽³⁴⁾

MEDIO DE CULTIVO	USO	TEMPERATURA	PRUEBAS METABÓLICAS, BIOQUÍMICAS	COLORACIONES
Agar MuellerHinton	Medio nutritivo para el desarrollo de todos los microorganismos	37° C	-	Tinción Gram
Mc Conkey	Desarrollo de microorganismos Gram Negativo		Degradación de lactosa	Tinción Gram
Agar Sangre + Neomicina	Desarrollo de Streptococcus faecalis		Prueba Catalasa negativo	Tinción Gram
Agar Baird Parker	Desarrollo de Staphylococcus - Micrococcus		Prueba Catalasa positivo	Tinción Gram
Agar EMB	Desarrollo de Enterobacterias		TSI/LIA/IMVIC/ Citrato de Simmons/Urea	Tinción Gram
Agar S.S.	Desarrollo de Salmonella y Shigella		LIA / TSI IMVIC/ Citrato de Simmons/Urea	Tinción Gram
Agar T.C.B.S.	Desarrollo de Vibrio, Vibrio Cholerae		LIA / Prueba Oxidasa positivo	Tinción Gram
Agar Cetrimida	Desarrollo de Pseudomona		Prueba Oxidasa positivo/OF/ Citrato de Simmons	Tinción Gram
Agar Sabouraud + Cloranfenicol	Desarrollo de Levaduras, el antibiótico inhibe el desarrollo de bacterias Gram Positivo y Gram Negativo		-	Tinción Gram
Agar Sabouraud + Cloranfenicol	Desarrollo de Mohos, el antibiótico inhibe el desarrollo de bacterias Gram Positivo y Gram Negativo	24°C - Ambiente	-	Tinción Azul de Lactofenol

4. Recuento total de microorganismos en placa

La cantidad de microorganismos se halla de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$N = C \times F_{\text{DILUCION}} \times I$$

Donde:

N: número total de microorganismos viables

C: número de colonias

F_{DILUCION} : Factor de dilución

I: Volumen de inóculo utilizado

3.3.6. Caracterización del agua residual industrial láctea

A. Parámetros fisicoquímicos

Para conocer la composición del agua residual a tratar, se emplearon métodos de identificación fisicoquímica, lo que nos indicó las variables que debieron modificarse para entrar al rango de lo permisible, según el DS N° 002-2008-MINAM.

- **Temperatura**

Se usó un indicador de temperatura (Digital Control SR92), el cual va estar incluido en el diseño del bioreactor. De manera externa la temperatura será monitoreada empleando un termómetro de vidrio. Las temperaturas que son utilizadas son:

- Temperatura ambiente o 25°C.
- Temperatura 37°C.

- **pH**

Para esta medición se emplea un electrodo HANNA el que se calibra antes de cada medición empleando las soluciones buffers: Borato, Fosfato, Biftalato. De la marca J. T. Baker. Otro electrodo que se usó es pH Testr 30, este a diferencia del HANNA es portátil.

- **Alcalinidad total**

En este caso para la determinación de la alcalinidad total se empleara anaranjado de metilo como titulante. Se midió 100 ml de agua residual industrial en un matraz de 250 ml, se añadió 2 gotas de anaranjado de metilo 0.1 % se tituló con una solución de ácido clorhídrico 0.1 N hasta obtener un color anaranjado intenso persistente por 1 a 3 minutos (Anexo 4.2).

Se anotó el gasto, y con los datos obtenidos se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Alcalinidad total mg/L} = \frac{\text{gasto ml} \times N \times 1000}{V} \times 50 \quad (1)$$

Donde:

Gasto ml = los ml gastados de titulante

N= la normalidad del ácido clorhídrico (ph4.5)

V=el volumen de muestra utilizado

1000 = Factor para convertir ml a L.

50= Factor para convertir eq/L a mg CaCO₃/L

- **Cloruros**

Para el análisis se midió 10 ml de muestra de agua residual, en un beaker de 100 ml, agregamos 3 gotas de fenoltaleina al 1 % agitamos, se agregaron 2 gotas de solución de cromato de potasio al 10 %, se tituló con una solución de nitrato de plata 0,1 N (Anexo 4.2) hasta la aparición de color rojo ladrillo, se anotó el gasto para aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Cloruros ppm} = \frac{\text{gasto ml} \times N \times 35.5 \times 1000}{V} \quad (2)$$

Donde:

Gasto ml= los ml gastados de titulante

N= la normalidad de nitrato de plata.

V= el volumen de muestra empleado

1000 = Factor para convertir ml a L.

35.5=Factor para convertir eq/L a mg/l.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno- DBO₅**

La metodología empleada para los análisis de DBO₅ fue la descrita por la norma Técnica Mexicana NMX-AA-028-SCFI-2001.

Este parámetro es indispensable para determinar la calidad del agua, el resultado de este parámetro determina la cantidad de materia orgánica presente en la muestra ya que es directamente proporcional a la cantidad de oxígeno que vaya a requerirse. (Anexo 4.2)

- ✓ Preparación de agua para dilución

Colocar el volumen requerido de agua en un frasco y añadir por cada litro de agua 1 mL de cada una de las siguientes disoluciones: disolución de sulfato de magnesio, disolución de cloruro de calcio, disolución de cloruro férrico y disolución amortiguadora de fosfatos. Preparar el agua de dilución diariamente.

Antes de usar el agua de dilución debe ponerse a una temperatura aproximada de 20°C o ambiente. Saturar con oxígeno aireando con aire filtrado, libre de materia orgánica durante 1 h por lo menos.

- ✓ Inóculo

Fuente de la siembra:

Es necesario contar con una población de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable de la muestra, este inóculo puede ser empleando un hisopado de fuentes tales como: aguas estancadas, buzón de desagüe y agua residual doméstica. El agua residual doméstica, los efluentes no clorados o sin desinfección, los efluentes de las plantas de

tratamiento de desechos biológicos y las aguas superficiales que reciben las descargas de aguas residuales que contienen poblaciones microbianas satisfactorias. Algunas muestras no contienen una población microbiana suficiente (por ejemplo, algunos residuos industriales no tratados, residuos desinfectados, residuos de alta temperatura o con valores de pH extremos).

Para tales residuos, sembrar el agua de dilución añadiendo una población de microorganismos. La mejor siembra es la que proviene del efluente de un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales. Cuando no se disponga de ésta, utilizar el sobrenadante del agua residual doméstica después de dejarlo reposar a temperatura ambiente durante al menos 1 h, pero no más de 36 h. Determinar si la población existente es satisfactoria haciendo la prueba de la siembra en una muestra para DBO5. El incremento del valor de la DBO5 indica una siembra exitosa.

✓ Control del inóculo

Determinar la DBO5 del material de siembra como para cualquier otra muestra. Esto es una siembra control. A partir de este valor y de uno conocido de la dilución del material de siembra (en el agua de dilución) determinar el consumo de OD de la siembra. Lo ideal es hacer disoluciones tales de la siembra que la mayor cantidad de los resultados presenten una disminución de al menos el 50 % del OD. La representación de la disminución del OD (mg/L) con respecto a los mililitros de siembra, tiene que ser una línea recta cuya pendiente corresponde a la disminución de OD por mililitro del inóculo. La intersección del eje de las abscisas (OD) representa el consumo del oxígeno causado por el agua de dilución y debe ser inferior a 0,1 mg/L. Para determinar el consumo de OD de una muestra, se resta el consumo de OD de la siembra, del consumo de OD total. La captación de OD total del agua de dilución sembrada debe oscilar entre 0,6 mg/L y 1,0 mg/L.

✓ Pre tratamiento de la muestra

.1. Muestras con pH ácidos o básicos

Neutralizar las muestras a un pH entre 6,5 y 7,5 con ácido sulfúrico (0.1 N) o hidróxido de sodio (0.1 N) tal que la cantidad de reactivo no diluya la muestra en más del 0,5 %. El pH del agua de dilución sembrada no debe verse afectado por la dilución de la muestra.

.2. Muestras sobresaturadas con OD

En aguas frías o en aguas donde se produce la fotosíntesis (aguas de embalses), es posible encontrar muestras que contienen más de 9,0 mg OD/L a 20°C o ambiente. Para evitar la pérdida de oxígeno durante la incubación de tales muestras, reducir el OD por saturación, calentando la muestra aproximadamente a 20°C o ambiente en frascos parcialmente llenos mientras se agitan con fuerza o se airean con aire limpio, filtrado y comprimido.

.3. Ajustar la temperatura de la muestra a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, antes de hacer diluciones, debido a que no se cuentan con incubadoras que posean sistema de enfriamiento la muestra se dejó a temperatura ambiente.

✓ Técnica de dilución

- a. Las diluciones que dan lugar a un OD residual mayor de 1 mg/L y una captación de OD de al menos 2 mg/L después de 5 días de incubación, producen los resultados más confiables. Hacer varias diluciones (al menos 3) por duplicado de la muestra preparada para obtener una captación de OD en dicho intervalo. La experimentación con una muestra concreta permite el uso de un número menor de diluciones. Un análisis más rápido tal como la DQO, presenta una correlación aproximada con la DBO5 y sirve como una guía para seleccionar las diluciones. En ausencia de datos previos, utilizar las siguientes diluciones: de 0 % a 1 % para los residuos industriales fuertes, de 1 % a 5 % para las aguas residuales sedimentadas y crudas, del 5 % al 25

% para el efluente tratado biológicamente y del 25 % al 100 % para las aguas superficiales contaminadas.

b. Diluciones preparadas directamente en frascos tipo Winkler, se añade un volumen de muestra que sobrepase el límite de capacidad del frasco, evitando el ingreso de aire. Añadir cantidades adecuadas del material de siembra a los frascos tipo Winkler o al agua de dilución. Llenar los frascos con suficiente agua de dilución, sembrada si es necesario, de forma que la inserción del tapón desplace todo el aire, sin dejar burbujas. No realizar diluciones mayores de 1:300 (1 mL de la muestra en un frasco). Determinar el OD inicial en uno de los frascos de cada una de las diferentes diluciones. En los frascos de los duplicados de cada una de las diluciones, Ajustar herméticamente el tapón, poner un sello hidráulico y la contratapa e incubar durante 5 días a 20°C, en caso contrario dejar los frascos a temperatura ambiente.

✓ Determinación del OD inicial

Para la determinación de OD se empleó el Multiparámetro de HANNA el cual cuenta con electrodos de medición de diferentes parámetros dentro de ellos OD, el manual del equipo y su uso se encuentra en el Anexo 8.

✓ Blanco del agua de dilución.

Emplear un blanco del agua de dilución como un control aproximado de la calidad del agua de dilución no sembrada y de la limpieza de los frascos de incubación. Junto con cada lote de muestras, incubar un frasco de agua de dilución no sembrada. Determinar el OD inicial y final con el método electrométrico. El consumo de OD no debe ser mayor de 0,2 mg/L y preferentemente no menor a 0,1 mg/L.

✓ Incubación

Incubar a 20°C ± 1, debido a que no se cuentan con incubadoras que manejan esta temperatura, se dejó la muestra a temperatura ambiente, las botellas de

DBO₅ que contengan las muestras con las diluciones deseadas. En caso de no contar con contratapas, diariamente se debe verificar que el sello hidráulico esté intacto en cada botella incubada, agregar agua si es necesario.

✓ Determinación del OD final

Después de 5 días, determinar el OD en las diluciones de la muestra, en los controles y en los blancos. La medición del OD debe ser realizada inmediatamente después de destapar la botella de Winkler, para evitar la absorción de oxígeno del aire por la muestra.

$$DBO_5 \text{ mg/l} = \frac{[(D1-D2)-(B1-B2) \times f]}{P} \quad (3)$$

Fórmula

Donde:

D1 = OD de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación, mg/L,

D2 = OD de la muestra diluida después de 5 d de incubación a 20°C, mg/L,

P = fracción volumétrica decimal de la muestra empleada,

B1 = OD del control de semilla antes de la incubación, mg/L

B2 = OD del control de semilla después de la incubación, mg/L

f= Volumen de Inoculo

• **Demanda Química de Oxígeno- DQO**

La metodología empleada para los análisis de DQO fue la descrita por la norma Técnica Mexicana NMX-AA-030-SCFI-2001.

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). (Anexo 4.2)

- ✓ Transferir una muestra de 50 ml (o dilución) al matraz erlenmeyer de 500 ml. Agregar una cantidad adecuada de sulfato mercúrico (aproximadamente 1 g, la relación de sulfato mercúrico/cloruros debe ser 10 a 1) y algunas perlas de vidrio. Adicionar una alícuota de 25,0 ml de la disolución estándar de dicromato de potasio 0,0417 M y mezclar mediante un movimiento circular. Se pueden utilizar cantidades menores de muestra conservando la proporción de los reactivos.
- ✓ Conectar el matraz erlenmeyer al condensador tipo Friedrich y hacer circular el agua de enfriamiento.
- ✓ Por el extremo superior del condensador agregar lentamente 75 ml de la disolución de ácido sulfúrico-sulfato de plata y agitar con movimiento circular para homogeneizar.
- ✓ Calentar el matraz que contiene la mezcla y mantener a reflujo durante 2 h a partir del momento en que empieza la ebullición. Dejar enfriar y lavar el condensador con 25 ml de agua.
- ✓ Añadir agua por el extremo superior del condensador hasta completar un volumen aproximado de 300 ml, retirar el matraz del condensador y enfriar a temperatura ambiente.
- ✓ Agregar 3 gotas de disolución Indicadora de 1,10 fenantrolina como indicador y titular con la disolución de sulfato ferroso amoniacal 0,025 M. Tomar como punto final el primer cambio de color de azul verdoso a café rojizo.
- ✓ Llevar simultáneamente un testigo preparado con agua y todos los reactivos que se utilizan en el procedimiento.

Se usa la siguiente fórmula para determinar la concentración del DQO mg/l. ⁽¹⁸⁻¹⁹⁻²⁰⁾

$$\text{DQO mg/l} = \frac{(V_1 - V_2) \times M \times 8000}{V_3} \quad (4)$$

Donde:

V_1 = es el volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración del testigo, ml.

V_2 = es el volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración de la muestra, ml

M = es la molaridad de la disolución de sulfato ferrosos amoniacal utilizado en la determinación, mol/L

V_3 = Volumen de la muestra, ml

B. Parámetros Organolépticos

Para la determinación de parámetros orgánicos se tomaron en cuenta los parámetros orgánicos como son el olor y color del enjuague.

C. Parámetros Microbiológicos

Para que el agua cumpla con los estándares de calidad debe contar con una concentración de microorganismos que sean inocuos para ser humano. Para la determinación de este parámetro se realizaron identificaciones para diferentes microorganismos, empleando medios selectivos y pruebas bioquímicas que reafirmen los resultados obtenidos. Este procedimiento se realizara al inicio y al final.

- Para todos los microorganismos(excepto Streptococcus faecalis y Coliformes) Se realizaron diluciones en base 10 hasta llegar a la dilución 10^{-5} , para tener una muestra representativa la primera dilución se llevó a cabo en un volumen

final de 100 ml tomando 10 ml de agua residual y 90 ml de diluyente, para las siguientes diluciones se tomó 1 ml de la muestra de agua residual.

Como diluyente se empleó caldo triptona, se preparó 140 ml de los cuales se emplearon 126 ml de caldo triptona, este volumen se dividió 90 ml para la primera dilución y cuatro tubos de ensayo (15 mm x 160 mm) en los que vertimos 9 ml de caldo en cada uno. Se rotularon los tubos.

Una vez distribuido el volumen de caldo triptona se esteriliza en autoclave el material a 121°C durante 15 min a 1.5 atm.

Terminado la etapa de esterilización en autoclave dejamos enfriar hasta una temperatura aproximada de 37°C, tomamos 10 ml de muestra de lodo biológico y lo vertimos en el frasco de la dilución 10^{-1} , posteriormente tomamos 1 ml de la dilución 10^{-2} y lo vertimos en la dilución 10^{-3} y así sucesivamente hasta completar las cuatro diluciones.

La secuencia de dilución se muestra en el siguiente diagrama:

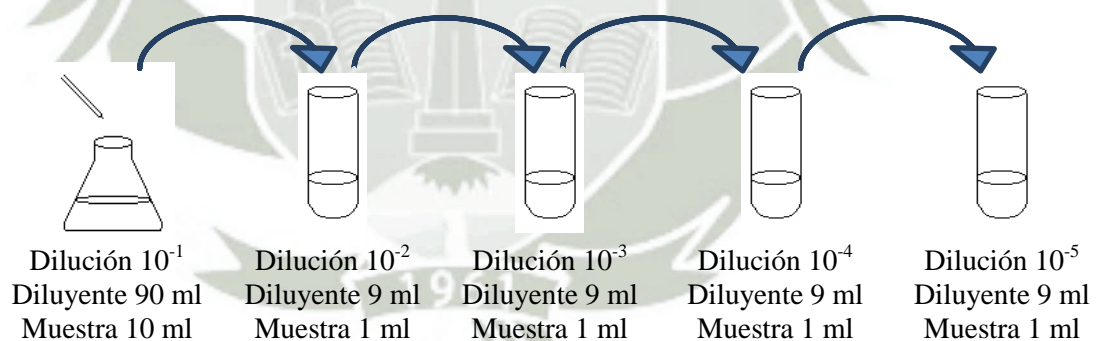


Figura4.- Diagrama en secuencias para el procedimiento de diluciones en base 10. Fuente: elaboración propia.

Se debe tener cuidado y no emplear las mismas pipetas para traspasar los volúmenes ya que se arrastran microorganismos en las paredes de las mismas lo cual invalidaría la secuencia matemática de las diluciones.

Sembrado en medio de cultivo:

Una vez realizada las diluciones se procedió a sembrar en los diferentes medios de cultivo, los cuales fueron preparados de acuerdo a las especificaciones de proveedor. Este procedimiento se realizó por duplicado, adicionalmente se realizó un control negativo y control ambiental, para asegurar los resultados, la relación de medio de cultivos empleados con sus especificaciones se desarrolla en el Anexo 4.1.

- Bacterias Coliformes – Coliformes Fecales Termotolerantes

Prueba presuntiva:

Se empleó la metodología del Número Más Probable – NMP. Se realizó mediante la siembra de distintas cantidades de agua residual industrial láctea, se trabajó con una serie de tres tubos (0.1 ml, 1 ml y 10 ml), los tubos se llenaron con medio caldo lactosado, después de su incubación, se utiliza campanas Durham para observar la formación de gas CO₂, el tiempo de incubación para Coliformes será a 37°C durante 48 horas y para el caso de los Coliformes fecales será a 44°C ± 0.5°C en un tiempo máximo de 24 horas.

Posteriormente se revelara a través de las tablas NMP (Anexo 4.3.) en función a los datos obtenidos (casos positivos) se pasó a la siguiente prueba confirmativa. Para la numeración a los tubos, se observara la producción de gas en las campanas Durham da acuerdo a la cantidad de gas se le otorgó una numeración dentro del rango de 1 a 5.

Siguiendo con la identificación se toman los tubos que resultaron positivos, se siembran en agar selectivo para Coliformes EMB, por el método de agotamiento, se incuban a 37°C durante 24 horas y hasta 48 horas en caso de presentar resultados dudosos.

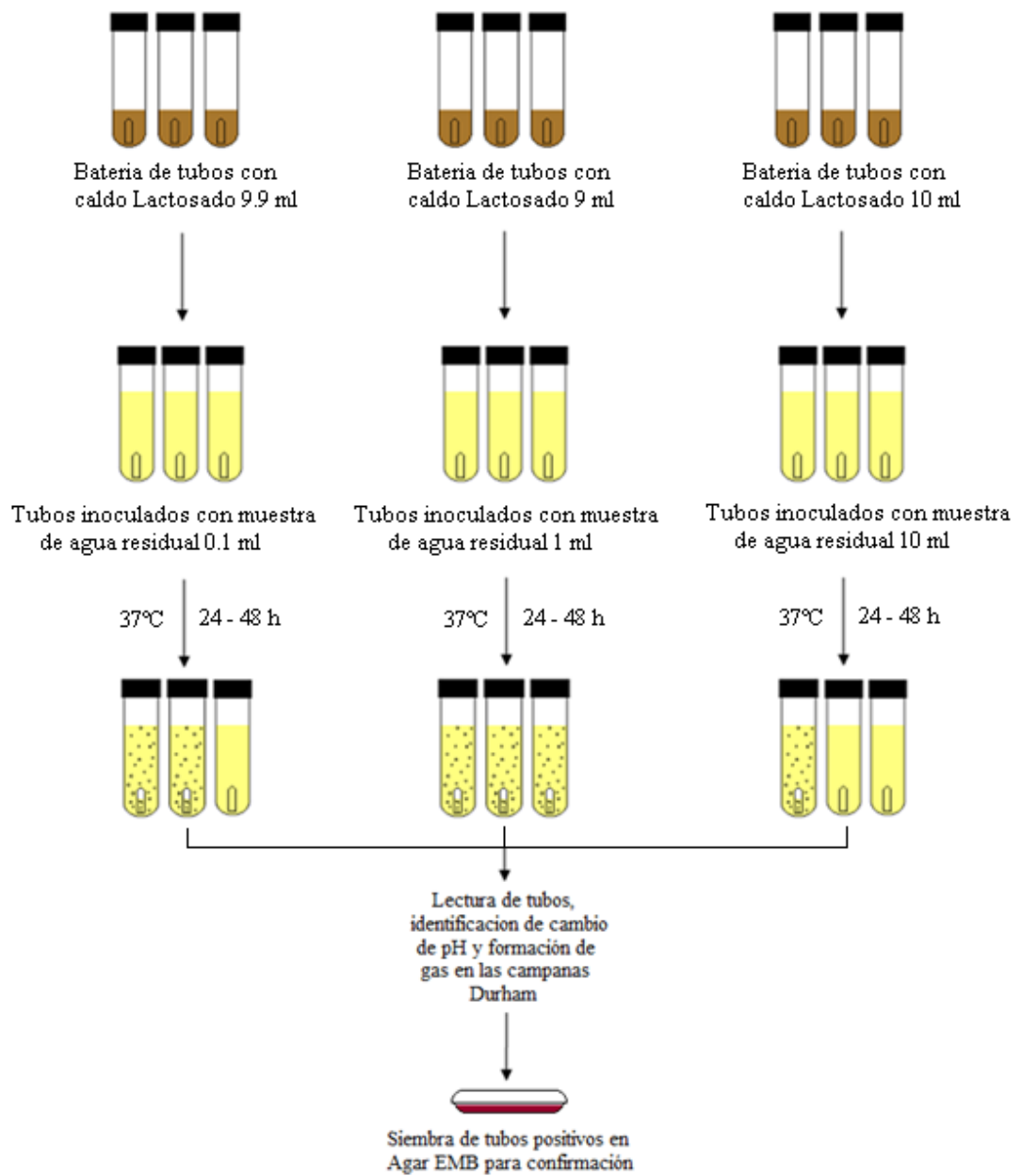


Figura 5.- Secuencia para el análisis de Coliformes por el método de NMP y prueba confirmativa en agar EMB. Fuente: elaboración propia.

- Streptococcus faecalis

Prueba Presuntiva:

Todas las operaciones deberán efectuarse en absolutas condiciones de asepsia.

- 1°. Se preparó una serie de tres tubos, con 9.9 ml, 9 ml y 10 ml, de caldo Rothe en cada uno. Agitar la muestra por lo menos 20 veces antes de tomar el volumen que se va a inocular, a efecto de homogeneizar.
- 2°. Antes y después de realizar las inoculaciones, la boca del frasco de la muestra deberá ser flameada con objeto de evitar contaminación.
- 3°. Con la ayuda de una pipeta de 10 ml y una micropipeta, inocular 10 ml, 1ml y 0.1 ml. Incubar todos los tubos a una temperatura de 37 °C (± 1 °C) durante 24-48 h.
- 4°. Después de 24 h de incubación, hacer una primera lectura. La reacción positiva de algún tubo se pone de manifiesto por la aparición de turbidez y/o sedimento en el fondo del mismo. Con los tubos que en este momento resulten positivos se puede empezar a la realización de la prueba confirmativa.
- 5°. En caso de no apreciarse crecimiento se llevan a incubación por 24 horas más, es decir un total de 48 horas ($\pm 3h$) después de las cuales se efectúa la lectura final.
- 6°. Si pasado el período de 48 h no ha habido crecimiento (turbidez y/o sedimento) en ninguno de los tubos se consideran definitivamente como negativos. Si el total de tubos son negativos: El examen se da por terminado, reportando la ausencia Streptococcus faecalis en la muestra analizada. Todos aquellos tubos positivos se anotarán convenientemente por orden de mayor a menor dilución y se procederá a realizar la prueba confirmatoria para Streptococcus faecalis.

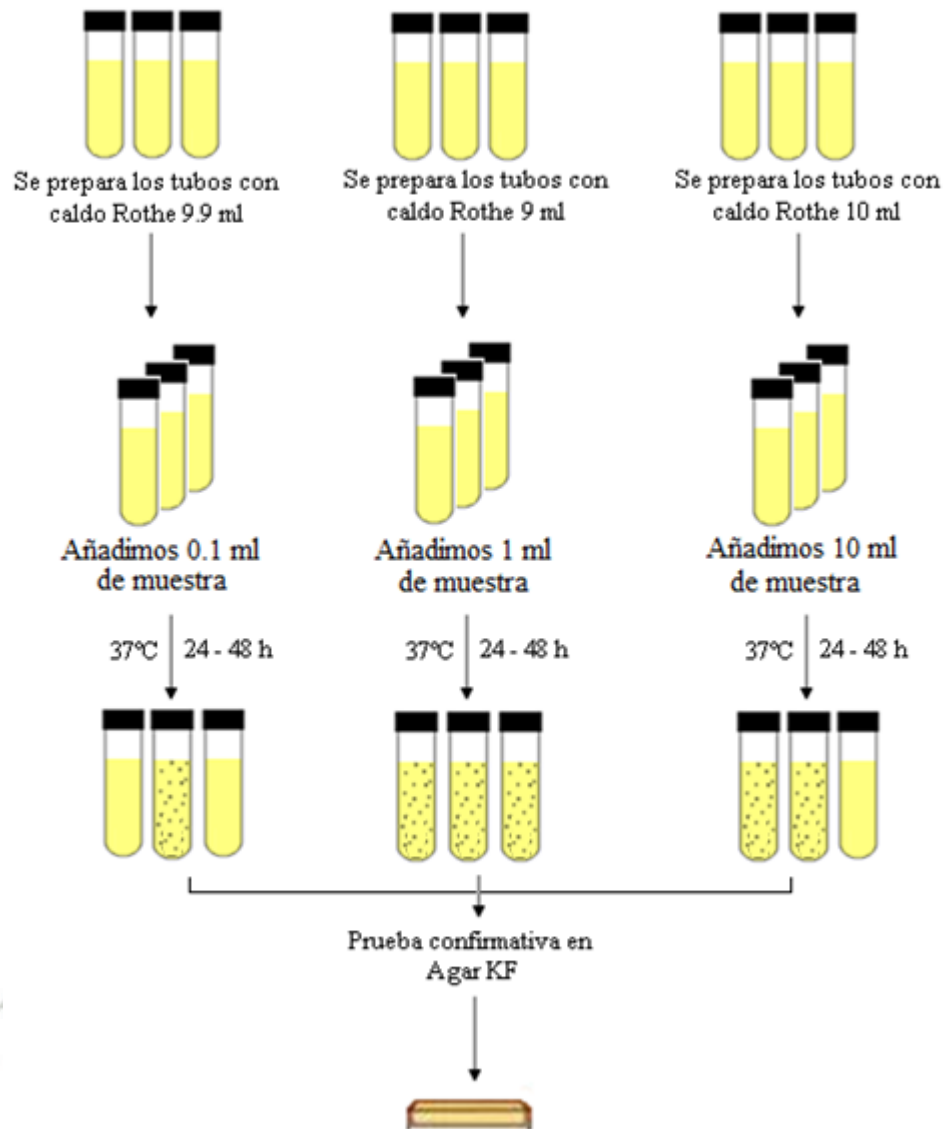


Figura 6.-Diagrama de trabajo para prueba de determinación de presencia ausencia de Streptococcus faecalis.

Fuente: elaboración propia

Prueba Confirmativa:

Para realizar la confirmación de los tubos que den como resultado positivo, se realiza la siembra en cultivo KF, incubándose a 37°C durante 24 horas. Este medio tiene la propiedad de virar de color con el desarrollo de los Streptococcus faecalis, partiendo de un color morado que vira a amarillo.

- Recuento en Placa –Mesófilos viables.

En un frasco con 90 ml de agua peptonada agregar 10 ml de muestra se obtiene la primera dilución, luego de ese frasco se saca 1ml y se agrega a un tubo que contiene 9ml de agua peptonada para obtener la siguiente dilución, repetir este procedimiento hasta obtener la dilución 10^{-5} .

Estas diluciones son sembradas por el método de vertimiento en placa, que consiste en colocar 1 ml de la dilución en una placa petri, luego se le adiciona 15 o 20 ml de Agar Plate Count fundido que se encuentre a 40°C aproximadamente.

Se mueve circularmente la placa, para que la muestra y el medio se mezclen, 5 veces a la derecha izquierda, luego de arriba hacia abajo 5 veces. También se tiene que hacer control ambiental y el control positivo. Una vez solidificado el agar invertir las placas y llevarlas a 29°C - 31°C por unas 48 horas

Para los resultados, se eligieron las placas que contenían de 30 a 300 colonias, si es menor que 30 se coloca el mayor número de UFC contados en la dilución más concentrada. Conteos mayores a 300 se expresan como to many to count (TMTC).⁽³¹⁾



Figura 7.- diagrama en secuencias para el procedimiento de recuento de Mesófilos viables en medio APC por el método de profundidad. Fuente: elaboración propia.

- Determinación de presencia de Salmonella

Previamente se realizó un enriquecimiento de las cepas presentes en la muestra, se colocó 1 ml de inóculo y 75 ml de Caldo Selenito, incubando a durante 18 a 24 horas a 35°C – 37°C. Este paso se emplea para que los demás microorganismos presentes en mayor número no sean interferentes en este análisis, y así descartar falsos negativos.

Una vez observado el crecimiento en el matraz con caldo Selenito, caldo de enriquecimiento, se procede a sembrar una muestra en Agar S.S. por estría. Realizar la incubación de 18 a 24 horas a 37°C.

El resultado en placa para colonias Salmonella y Shigella, se deberán observar colonias incoloras con centro negro, y para enterobacterias colonias cremosas de color rosa.

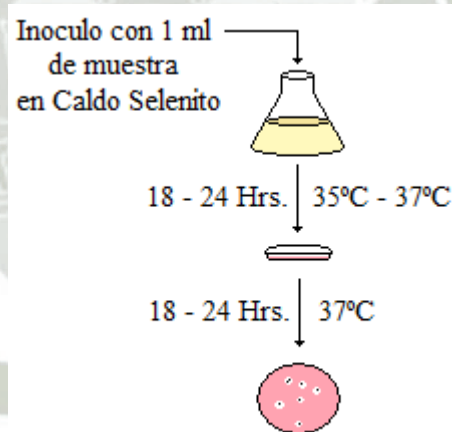


Figura 8.- Diagrama en secuencias para el procedimiento de enriquecimiento de cepas Salmonella Shigella en Caldo Selenito y prueba confirmativa en Agar S.S. Fuente: elaboración propia.

Tabla 6.-Cuadro resumen de los análisis de identificación microbiológica para agua de enjuague CIP – leche fresca

MICROORGANISMO	TÉCNICA	TEMPERATURA	TIEMPO DE INCUBACIÓN
Coliformes	Identificación de Coliformes Totales por la técnica del Numero Más probable	37°C	48 hrs.
	Identificación de Coliformes Termo Tolerantes por la técnica del Numero Más probable	44°C	24 hrs.
	Prueba confirmativa en Agar EMB	37°C	24 – 48 hrs.
Streptococcus faecalis	Técnica del NMP en Caldo AzidaRothe	37°C	24 – 48 hrs.
	Prueba confirmativa medio KF	37°C	24 hrs.
Mesófilos viables	Método de vertimiento en placa Agar Plate Count	29°C - 31°C	48 hrs.
Salmonella	Activación de cepas en Caldo selenito	37°C	24 hrs.
	Desarrollo en Agar Salmonella y Shigella	37°C	18 -24 hrs.
Pseudomonas	Desarrollo en Agar Cetrimida	37°C	24 – 48 hrs.
Mohos	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	Ambiente	6 – 15 días
Levaduras	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	37°C	2 – 4 días

En la tabla se indican las metodologías a emplear, medios de cultivo y condiciones de incubación para los diferentes microorganismos que se van a identificar, todos excepto el cultivo de Mohos y Mesófilos, serán incubados a 37°C.

3.3.7. Diseño y construcción de un bioreactor depurador de aguas residuales industriales lácteas

El tipo de depuración que se da a las aguas residuales es de acuerdo a sus componentes, para el caso de aguas residuales industriales, estas aguas tienen cargas elevadas de DBO5 y DQO lo que obliga a tener un diseño que ayude a controlar estos parámetros, de acuerdo a la naturaleza del agua residual, se aplicó el siguiente diseño:

Bioreactor tipo SBR, este bioreactor es una optimización del diseño de un bioreactor tipo UASB, en esta optimización se trabaja microorganismos aerobios, lo que elimina la producción de metano. El diseño del bioreactor es cilíndrico porque tiene varias ventajas como la menor posibilidad de formación de zonas muertas, además del tamaño, volumen, carga y caudal que se puede manejar. El diseño del bioreactor se calculó empleando fórmulas de geometría, y fórmulas de diseño tomadas del estudio de “Remoción de materia orgánica de lixiviados del relleno sanitario La Esmeralda por medio de un reactor U.A.S.B.”⁽³²⁾

El paper “Biological Treatment of Dairy Waste wáter by Sequencing Batch Reactor”, fue tomado como referencia para definir el tiempo de residencia hidráulica de 8 horas, periodo en el que se desarrollara la depuración.⁽²¹⁾

Para la determinación de la velocidad de flujo ascendente como uno de los parámetros de diseño, se partió de variables conocidas tales como: área y volumen del reactor a partir del diámetro y la altura efectiva, carga típica máxima de diseño. Con estos datos se realiza el diseño de una manera satisfactoria, así:

VARIABLES CONOCIDAS PARÁMETROS DE DISEÑO:

- Diámetro de Tuberías (in): 0.5
- Volumen del Bioreactor (L): 4.5
- Tiempo de Residencia (horas): 8

- ✓ **Caudal mínimo:** (L/h)

$$Q = \frac{V_R}{TRH} \quad (5)$$

Donde:

Q: Caudal mínimo (ml/min)

THR: Tiempo de residencia (días)

V_R : Volumen del reactor(ml)

- ✓ **Volumen del reactor:** (L)

$$V_R = \pi * r^2 * H \quad (6)$$

Donde:

V_R : Volumen del Reactor (ml)

π : Valor PI (3,1416)

r: Radio del reactor (cm)

H: Altura del reactor (cm)

- ✓ **Relación H/D:**

La relación de altura, H y diámetro, D, se presenta como:

$$\frac{H}{D} = \frac{3}{1}$$

Tenemos que:

$$D = 2 * r$$

Despejando r:

$$r = \frac{D}{2}$$

Remplazamos en la fórmula 7:

$$V_R = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * 3 * D$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V_R}{3 * \pi}} \quad (7)$$

$$H = 3 * D \quad (8)$$

- ✓ **Área del reactor:**(m²)

$$A_R = \pi * \left(\frac{D^2}{4}\right) \quad (9)$$

Donde:

D: Diámetro del reactor (cm)

π: Valor PI (3,1416)

- ✓ **Área del head plate:**(m²)

$$A_O = \pi * (r^2) \quad (10)$$

Donde:

D: Diámetro del head plate (cm)

π: Valor PI (3,1416)

- ✓ **Carga Hidráulica:**(m/min)

$$C_H = \left(\frac{Q}{A_R}\right) \quad (11)$$

Donde:

Q: Caudal (m³/min)

A_R: Área del Reactor (m²)

- ✓ **Altura efectiva del reactor:**(m)

$$L = \left(\frac{4*V_R}{\pi*D^2}\right) \quad (12)$$

Donde:

V_R: Volumen del Reactor (cm³)

π: Valor PI (3,1416)

D: Diámetro (cm)

Dentro de los pasos de reacción tenemos:

Aireación: primer paso, para que el lodo se adecue al medio, los microorganismos realizan la depuración de las aguas, este proceso determina el tiempo de residencia.

Sedimentación: como es sabido las partículas se depositan en el fondo de acuerdo a su peso, este procedimiento es muy común en la depuración de aguas para la separación de los sólidos suspendidos.

Decantación: para una final separación el agua depurada es retirada del equipo por medio de un proceso simple que consiste en separar el agua del lodo sedimentado.

Partes del Bioreactor:

- Tuberías: Tuberías de PVC, de ½ pulgada y de largo 9.2 cm. Que servirán como canales para los puertos de toma de muestra.
- Válvula: Válvula de bola de ½ pulgada, largo 7.7 cm, resistente a 150 PSI. Que servirán como válvulas de control de paso para los puertos de toma de muestra.
- Difusor: Piedra difusora de pecera de diámetro y altura, para controlar y diseminar el ingreso del aire.
- Mangueras: de diámetro ½ pulgada y de largo 1.50 m
- Bomba de Aire: con una capacidad de 1.8 l/min, de 220 V, presión 0.01Mpa, tamaño 110 x 60 x 47 mm.
- Base de fierro: fierro liso de 1 pulgada para sostener el equipo
- Resistencia: de 220 V, empleada para los análisis a 37° C
- Indicador de temperatura: para el set point de la temperatura a 37° C

3.3.8. Procedimiento para el uso del bioreactor en la depuración de aguas industriales lácteas

Para poner en funcionamiento el bioreactor SBR se debe considerar como insumos principales el agua de enjuague de leche fresca, y el lodo activado, para poder comenzar con la depuración. En la figura 9 se observa un flujograma para la metodología empleada en el uso del bioreactor SBR y para la depuración del agua residual industrial láctea.

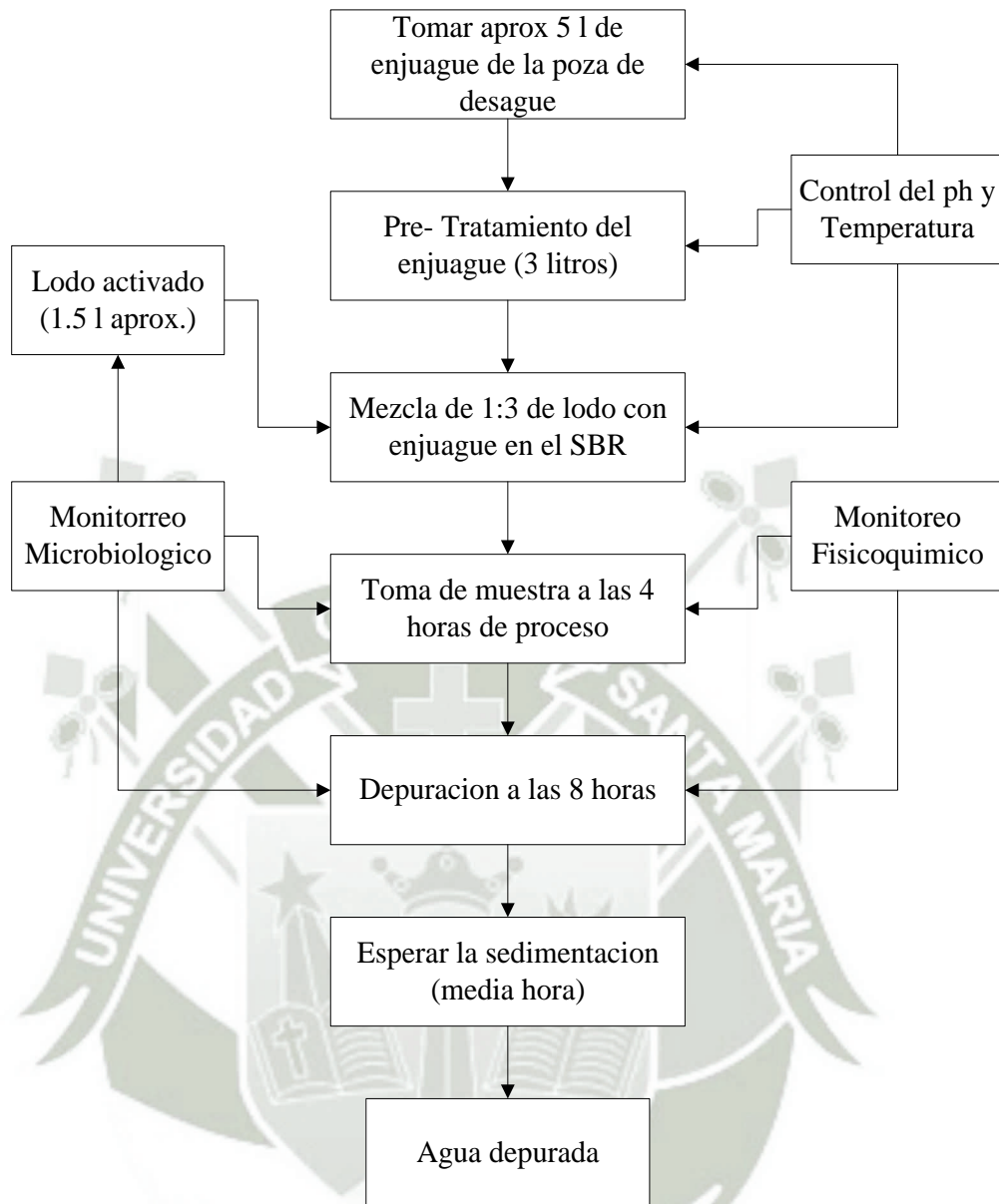


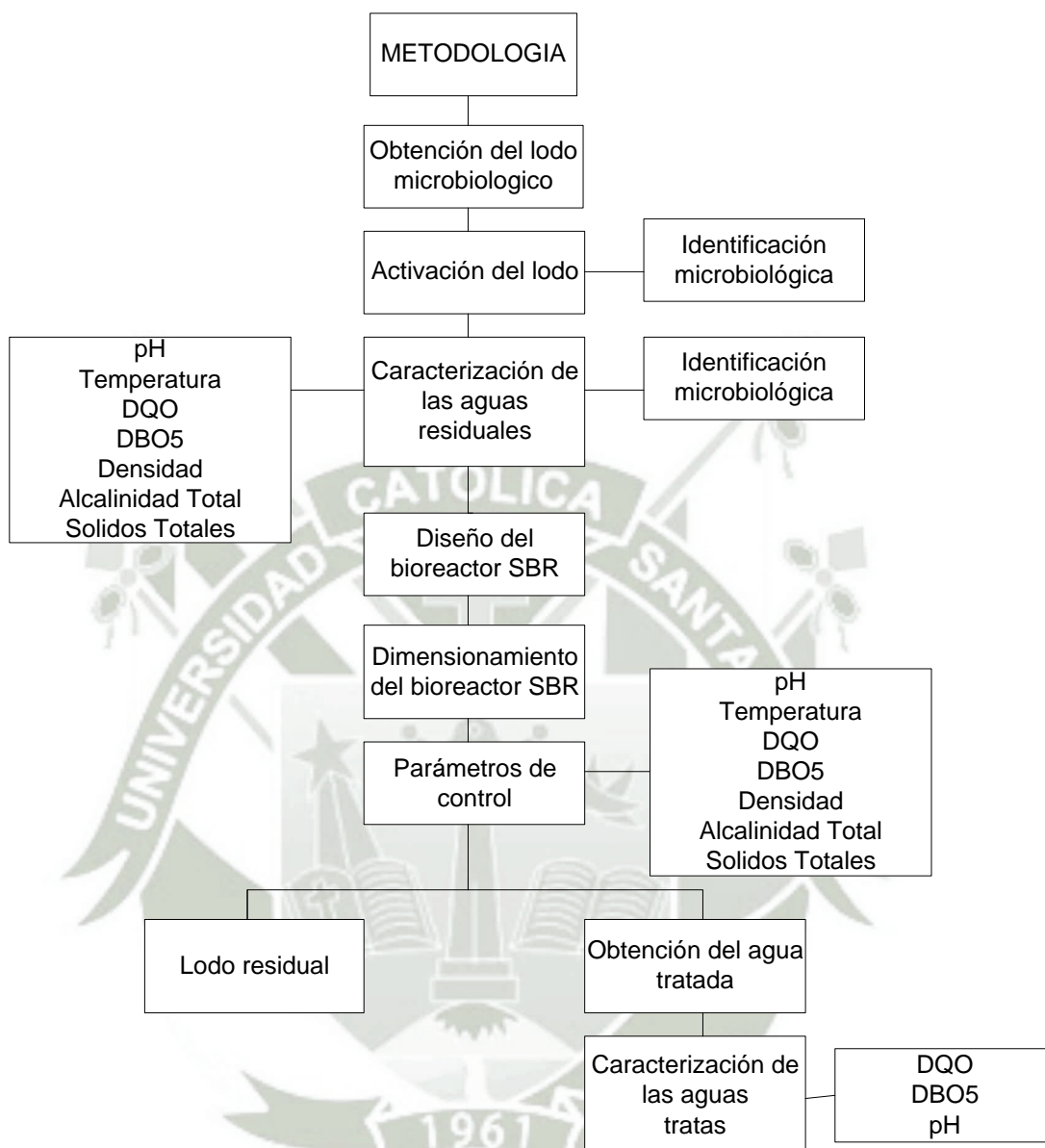
Figura 9.- Flujograma de actividades para realizar la depuración de agua residual industrial, empleando el bioreactor tipo SBR.

Se debe tener en consideración lo siguiente, el uso de la resistencia y el indicador de temperatura se debieron a que se realizaron monitoreos con dos diferentes temperaturas, para observar las variaciones en el comportamiento de los microorganismos y parámetros, propuestos para la depuración del agua. Las temperaturas empleadas para la depuración fueron:

- Temperatura ambiente o 25°C: esta es la temperatura promedio en la irrigación de Majes, es por ello que se realizó una corrida empleado esta temperatura.
- Temperatura 37°C, ya que por bibliografía se sabe que esta es la temperatura óptima para la mayoría de microorganismos.



FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Gestión de obtención de la Muestra

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la planta de Agroindustrial del Perú S.A.C. – Grupo Gloria, localizado en Majes- Arequipa. En las áreas de recepción, enfriamiento y evaporación de leche fresca y concentrada. Se tuvo la aprobación del gerente general de la planta el Ing. Edgar Luna Zevallos y jefes de departamentos de la planta.



Figura 10.- Poza de desagüe, paso del agua residual industrial antes de ser mezclado con el agua residual doméstica en la piscina de tratamiento químico.

4.2. Prueba preliminar de agua industrial residual láctea

Para la selección de la muestra se hizo un monitoreo de los diferentes enjuagues que se realizan en la planta. Los enjuagues provienen de los tanques de almacenamiento de leche fresca y leche concentrada; las recetas de enjuague son las mismas para ambos casos. Estas muestras fueron analizadas con el MilkoScan, el cual está calibrado para sólidos totales y grasa. Parámetros que determino sólidos totales (S.T), lactosa, proteína, grasa, densidad (ρ) y descenso del punto de congelación (FPD).

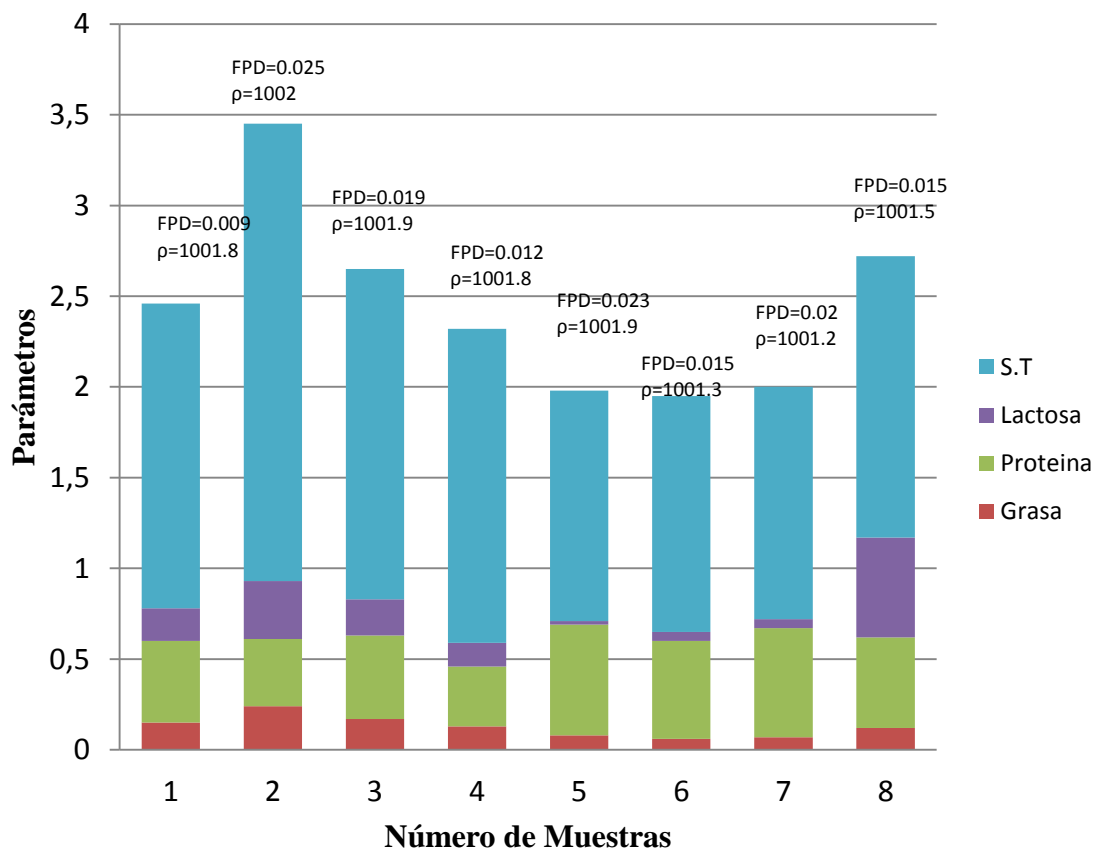


Figura 11.- Gráfica comportamiento de datos en el monitoreo en MilkoScan para muestras de Leche Fresca, como parámetro principal se evaluó el porcentaje de grasa en leche fresca donde se obtuvo un promedio de 0.13 %, Tabla33 del Anexo 5

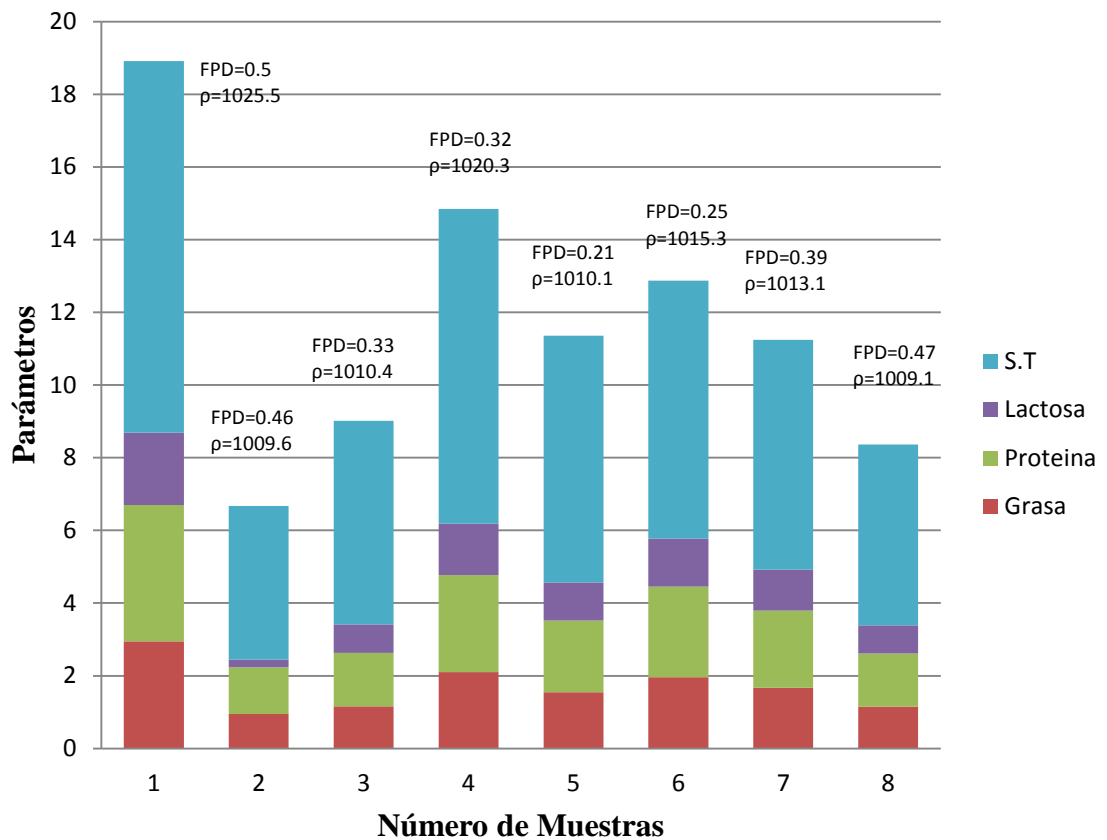


Figura12.-Gráfica comportamiento de datos en el monitoreo en MilkoScan para muestras de Leche Concentrada, para el parámetro de grasa se obtuvo un promedio de 1.68 %. Tabla34 del Anexo 5

Los resultados nos indican que las muestras procedentes de procesos de leche fresca no contienen valores altos de grasa a comparación de las de leche concentrada, donde se obtuvo una comparación de 0.13% vs 1.68%, respectivamente, sin embargo se debe eliminar la grasa por ser interferente para el metabolismo regular de los microorganismos en el lodo, ya que puede ocasionar que no se genere la oxigenación adecuada, es por este componente que se realizó un monitoreo individual para analizar el comportamiento de la presencia de grasa en muestras de agua de enjuague de leche fresca y de leche concentrada.

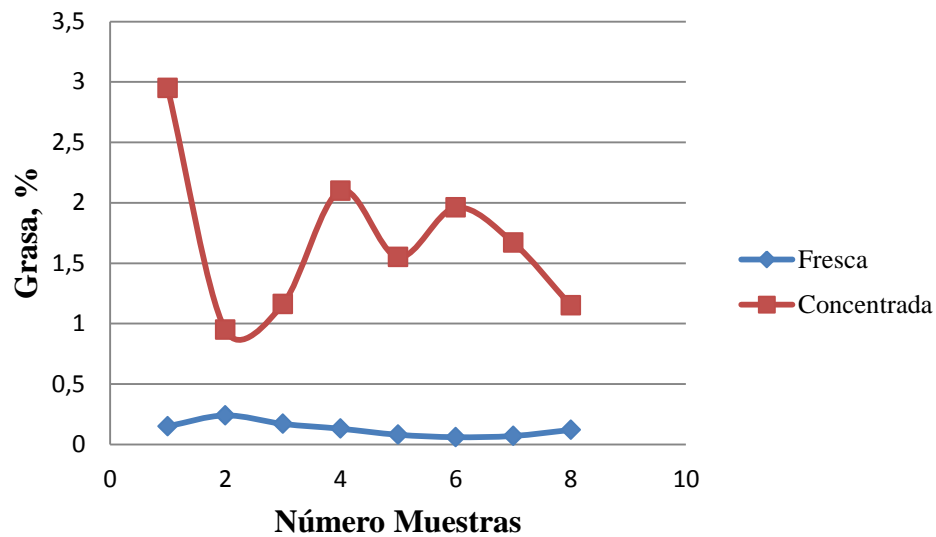


Figura 13.-Gráfica comparativa del monitoreo de grasa en MilkoScan para muestras de Leche Fresca y Leche Concentrada. Tabla 35 del Anexo 5.

4.3. Análisis del lodo

4.3.1. Activación del lodo

Primero al lodo se le hizo un pre-tratamiento para poder activarlos, se monitoreo el pH para saber el consorcio de microorganismos era adecuado para la depuración. Se hizo en 7 días con enjuagues de leche fresca para una mejor activación.

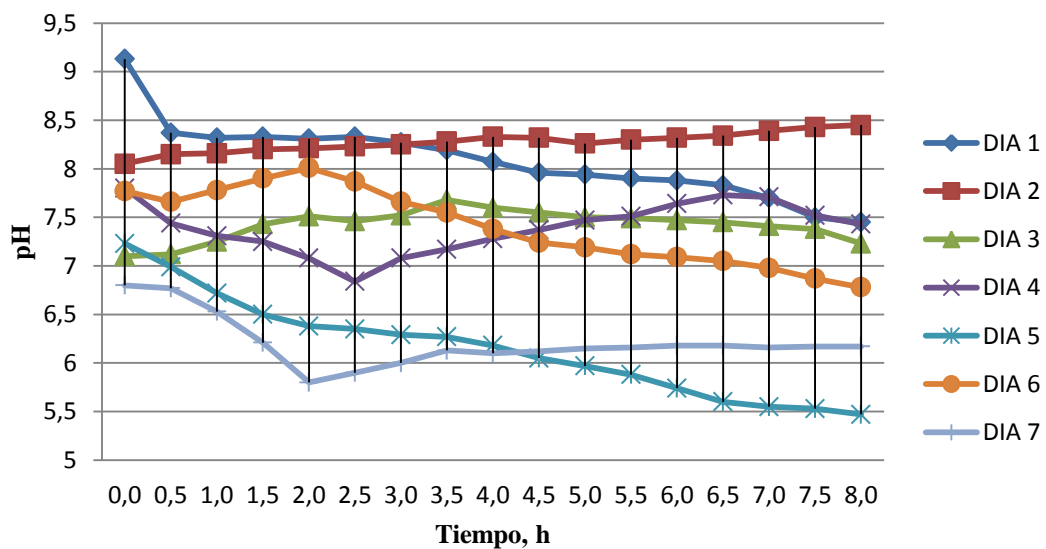


Figura 14.-Variación del pH en función al tiempo, monitoreo de agua residual industrial, durante un periodo de 7 días tomando intervalos de tiempo de 30 minutos durante 8 horas. Tabla 36 del Anexo 5

Dentro de la activación del lodo se monitoreo el pH para saber la eficacia de este, ya que por bibliografía se sabe que mientras más neutro está el pH tienen mayor eficiencia, caso contrario cuando está ácido los microorganismos empiezan a morir, esto puede causar problemas dentro de la activación, puede producir lo que es el bulking, el cual produce espuma, esto indica que se necesita mayor aireación. También el pH ácido se debe al contenido de grasa que hay en el agua, es por eso que se tiene que hacer un pre-tratamiento antes de que el agua ingrese al bioreactor.

Si el pH es alcalino los microorganismos no tienen mayor eficiencia, pero no produce la fase de la muerte, generalmente no ocurre nada y tampoco sirve para la depuración.

Tabla 7.-Cuadro resumen de parámetros monitoreados en MilkoScan FT 120 FOSS para muestras de agua de enjuague.

PARÁMETROS	Unidades	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
Grasa	%	0.24	0.11	0.07	0.17	0.13	0.17	0.13
Proteína		0.37	0.48	0.37	0.55	0.56	0.46	0.46
Lactosa		0.32	0.06	0.06	0.11	0.13	0.2	0.13
Sólidos Totales		2.52	2.06	2.08	1.74	1.68	1.82	1.73
Punto de congelación		0.025	0.021	0.008	0.02	0.009	0.09	0.012
Densidad		1002	1001.2	1001.3	1002	1001.8	1001.9	1001.8
pH	-	9.43	8.04	7.21	8.26	7.51	7.56	7.9
Temperatura	°C	27.6	25.4	26.1	26.6	23.8	29.7	25.6

En la tabla 7 se observan los datos obtenidos durante el monitoreo realizado en las aguas de CIP, para conocer sus características antes de emplear estas aguas para la activación del lodo.

4.3.2. Identificación microbiológica de lodo activado

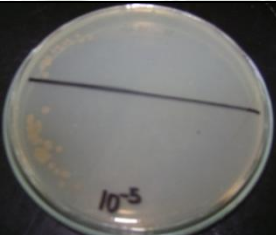


Se hizo un análisis microbiológico del lodo activado, para determinar que microorganismos contiene.

Para esto se emplearon medios de cultivos nutritivos y selectivos, los que fueron incubados a las temperaturas y tiempo requerido por los microorganismos.



Figura 15.-Medio de cultivos empleados para la identificación microbiológica de los microorganismos (Arriba de izquierda a derecha) Agar TCBS, Agar Sabouraud, Agar EMB (Debajo de izquierda a derecha) Agar Mc Conkey y Agar Sangre, el detalle de la composición y fundamentos de reacción se encuentra en el Anexo 4.1.

Tabla8.-Cuadro resumen de las observaciones macroscópicas obtenidas de las placas de medios de cultivos nutritivos y selectivos para los análisis realizados al lodo biológico.

MEDIO DE CULTIVO	OBSERVACIÓN EN PLACA	OBSERVACIÓN
Agar Mueller Hinton		Se observó un crecimiento abundante en las primeras diluciones, por lo cual el conteo se realizó en la placa de la dilución 10^{-5} .
Agar Mc Conkey		Se observa la clara degradación de lactosa por parte de las bacterias desarrolladas, por esto se identifica la presencia de Enterobacterias, la identificación continua con pruebas metabólicas y bioquímicas
Agar Sangre + Neomicina		No se observó desarrollo de microorganismos por lo que se descarta la presencia de Streptococcus.

<p>Agar Baird Parker</p>		<p>El Agar BP es selectivo para Staphylococcus que se presentan como colonias negras brillosas con halo transparente, se observa claramente la ausencia de bacterias. Por lo que se confirma la ausencia de Staphylococcus.</p>
<p>Agar EMB</p>		<p>Este medio es selectivo para Enterobacterias, se observan colonias verdes con brillo metálico, esta coloración se da por las bacterias capaces de degradar la lactosa en el medio y los indicadores azul de metileno y eosina.</p>
<p>Agar S.S.</p>		<p>Se observan colonias de color rosado, algunas presentando mucosa, este medio inhibe el desarrollo de bacterias Gram positivas, por lo que se presume que las UFC corresponden a Enterobacterias.</p>
<p>Agar TCBS</p>		<p>No se observó ningún crecimiento en el medio TCBS por lo cual se descarta la presencia del género Vibrio.</p>
<p>Agar Sabouraud</p>		<p>Se observaron colonias blancas lechosas, lo que confirma la presencia de levaduras.</p>
<p>Agar Sabouraud</p>		<p>Se observan colonias circulares, de bordes definidos, lo que indica la presencia de mohos.</p>
<p>Agar Cetrimida</p>		<p>No se obtuvo desarrollo de ninguna colonia por lo que se descarta la presencia de Pseudomona.</p>

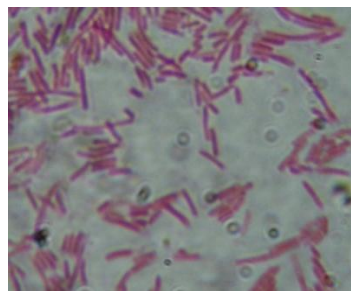


Figura 16.-Tinción Gram de UFC para la muestra sembradas en agar Mc Conkey, resultados bacilos gram Negativos.

Tabla 9.- Cuadro resumen de resultados para los análisis microbiológicos realizados al lodo biológico

MEDIO DE CULTIVO	Gram negativo	Gram positivo	Coliformes	Enterobacterias	E. Coli	Shigella Salmonella	Pseudomona	Streptococcus	Staphylococcus	Vibrio	Mohos	Levaduras	Catalasa	Oxidasa	IMVIC	Urea	Tinción Lactofenol
MuellerHinton	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	NA	NA	NA	NA	NA
EMB	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	+	+	NA
Mc Conkey	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA	NA
Baird Parker	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Sangre + Neomicina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Sabouraud + Cloranfenicol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	NA	NA	NA	NA	+
Salmonella Shigella	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	+	+	NA
TCBS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NA	-	NA	NA	NA
Cetrimide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NA	-	NA	NA	NA
LIA	NA	NA	K/K	K/K	K/K	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
TSI	NA	NA	A/A	A/A	A/A	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

** NA.: no aplica

En la tabla se observa el desarrollo de las bacterias en los diferentes medios de cultivo, este cuadro resumen se elabora con las observaciones macroscópicas en los medios de cultivo, ya sean cambio de coloración por metabolismo de nutrientes, producción de gas y observación de colonias.

Tabla10.-Resultados de los conteos microbiológicos en análisis del lodo activado

Medio de cultivo	Desarrollo de:	DILUCIÓN						RESULTADO
		Directa	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	
Agar Mueller Hinton	Todos	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	172	17	1.7 x 10 ⁹ UFC/ml
		TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	168	15	
Agar Mc Conkey	Gram -	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	259	35	2.67 x 10 ⁹ UFC/ml
		TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	274	28	
Agar sangre + neomicina	Streptococcus	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
		S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	
Agar Baird Parker	Staphylococcus	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0UFC/ml
		S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	
Agar EMB	Enterobacterias	TMTC	TMTC	802	75	8	S.D.	7.2 x 10 ⁷ UFC/ml
		TMTC	TMTC	745	69	6	S.D.	
Agar S.S.	Salmonella Shigella	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
		S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	
Agar T.C.B.S.	Vibrio	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 x UFC/ml
		S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	
Agar Sabouraud + cloranfenicol	Hongos	6	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	5.0 x 10 ⁴ UFC/ml
		4	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	
	Levadura	TMTC	TMTC	934	81	7	S.D.	6.9 x 10 ⁷ UFC/ml
		TMTC	TMTC	613	57	4	S.D.	
Agar Cetrimida	Pseudomona	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
		S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	

4.4. Caracterización de la muestras de agua residual industrial láctea

Se utilizó dos temperaturas diferentes para las corridas del bioreactor, temperatura ambiente o 25°C y 37°C. Con estas dos temperaturas se procedió a medir los siguientes parámetros.

A. Parámetros Físicoquímicos

- **pH:**

Se empleó un electrodo portátil para realizar el análisis. Los resultados obtenidos por el pHTester 30 arrojaron que las muestras a tiempo cero, están en un rango de 8 a 6.5 es decir son de carácter básico, esto se debe a la naturaleza del enjuague, que en su contenido presenta leche, ácido, soda y agua de red.



Figura 17.- Medición del pH del agua residual industrial, empleando el electrodo portátil pH Tester 30

El comportamiento del pH varía, ya que se observó que transcurridas las cuatro y ocho horas del proceso, el pH desciende, con lo que se determina que la solución se torna ácida, esto se da a consecuencia de la acidificación de la muestra, por la descomposición de la leche; también, por el paso del lodo, de la fase estacionaria a la fase exponencial, los resultados del monitoreo de pH se tabula en la Tabla 11.

Tabla 11.-Comportamiento de pH durante el monitoreo al proceso de depuración a ambas temperaturas (25°C y37°C).

TEMPERATURA	Tiempo (hora)		
	0	4	8
Ambiente 25°C	8.98	6.65	5.43
37°C	6.73	6.46	5.98

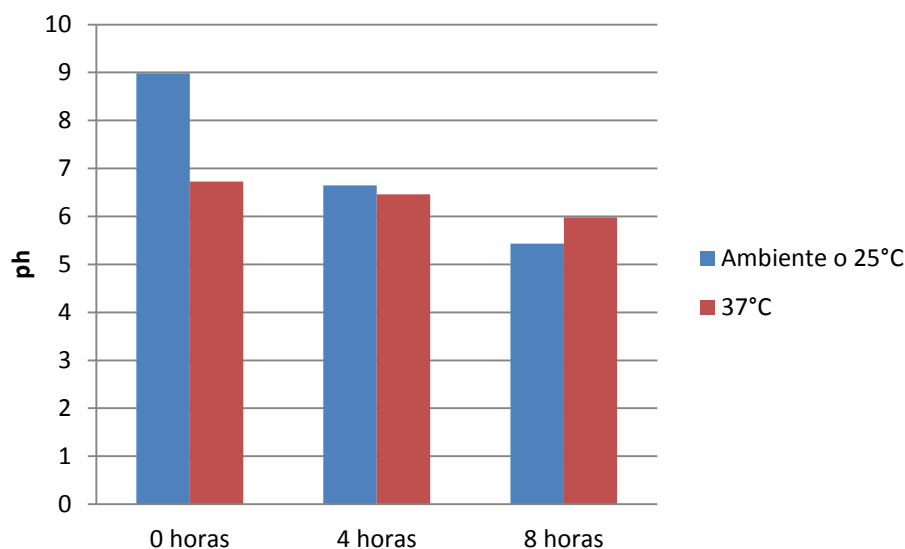


Figura 18.- Comportamiento de pH para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0, 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas ambiente o 25°C y 37°C

En la gráfica se observa los dos sistemas tienen un buen comportamiento sobre el pH, el pH con el que ingresa es elevado y se llega a bajar, teniendo un pH ácido pero adecuado para poder depurar el agua, también influye el pH del lodo debido a que mientras más ácido es el lodo significa que los microorganismos depuradores están entrando en fase de muerte. Dentro de los límites permisibles son de 6,5 a 8,5 según el Decreto Supremo N° 002 -2008 –MINAM, la temperatura ambiente o 25°C es óptima ya que está dentro de lo aceptado con una eficiencia de 24%, pero en 37°C con el pH que se empieza no es bajo, esto se debe al enjuague, pero se nota un descenso de esta su eficiencia fue de 11%.

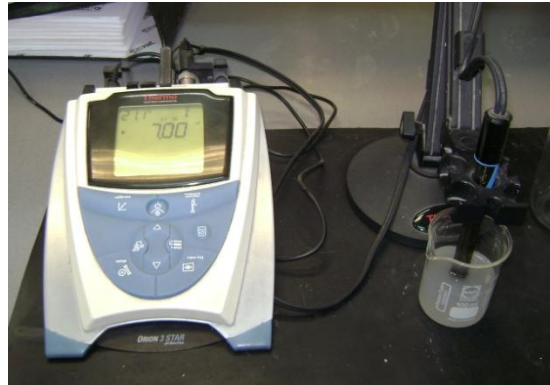


Figura19.-Detección del pHempleando el pH metro HANNA, antes de ser usado se tiene que calibrar para mejores resultados.



Figura 20.-Buffers empleados para calibrar el pH metro HANNA, (de izquierda a derecha) Solución Buffer Borato pH 10, Solución Buffer fosfato pH 7 y Solución Buffer Bifalato pH 4.

- **Alcalinidad total**

Para determinar la alcalinidad total se utiliza el naranja de metilo como indicador ya que este tipo de alcalinidad se da en cambios de alrededor de 4. Para el tratamiento de aguas el límite entre acidez y alcalinidad que es el valor al cual el naranja de metilo vira.

En las tablas 12 y 13 se muestra el comportamiento que ha tenido el agua residual durante la corrida de 8 horas, observando que disminuye la alcalinidad durante el proceso. De acuerdo con la ecuación (1): se obtiene los resultados de alcalinidad los siguientes resultados:

$$\text{Alcalinidad total mg/l} = \frac{100\text{ml} \times 0.1\text{N} \times 1000\text{ml/l}}{7.4 \text{ ml}} \times 50\text{mgCaCO}_3/\text{eq}$$

$$\text{Alcalinidad total mg/l} = 370\text{mg/l}$$

Tabla 12.-Comportamiento de alcalinidad total durante el monitoreo al proceso de depuración a temperatura ambiente 25°C

	Tiempo (hora)		
	0	4	8
Muestra de enjuague, ml	100	100	100
Anaranjado de metilo ,gotas	2	2	2
Ac. Clorhídrico 0.1N, ml	7.4	5.8	4.2
Alcalinidad Total, mg/L	370	290	210

Tabla 13.-Comportamiento de alcalinidad total durante el monitoreo al proceso de depuración a temperatura ambiente 37°C

	Tiempo (hora)		
	0	4	8
Muestra, ml	100	100	100
Anaranjado de metilo, gotas	2	2	2
Ac. Clorhídrico, ml	5	4.8	3.7
Alcalinidad Total mg/L	250	240	185

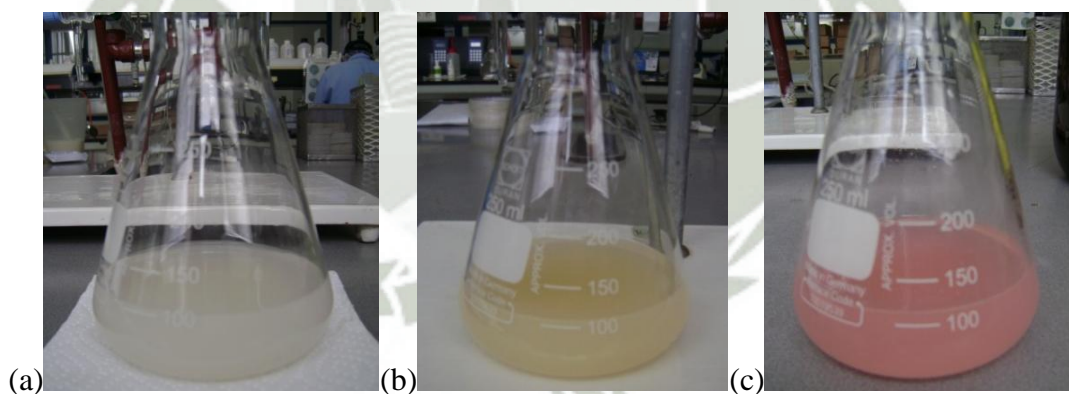


Figura 21.-Variación del enjuague mediante la realización de la alcalinidad. (a) muestra del enjuague de leche fresca; (b) muestra con gotas de anaranjado de metilo al 0.1%; (c) muestra ya titulada con el ácido clorhídrico 0.1N. se observa la variación de pH gracias al indicador anaranjado de metilo.

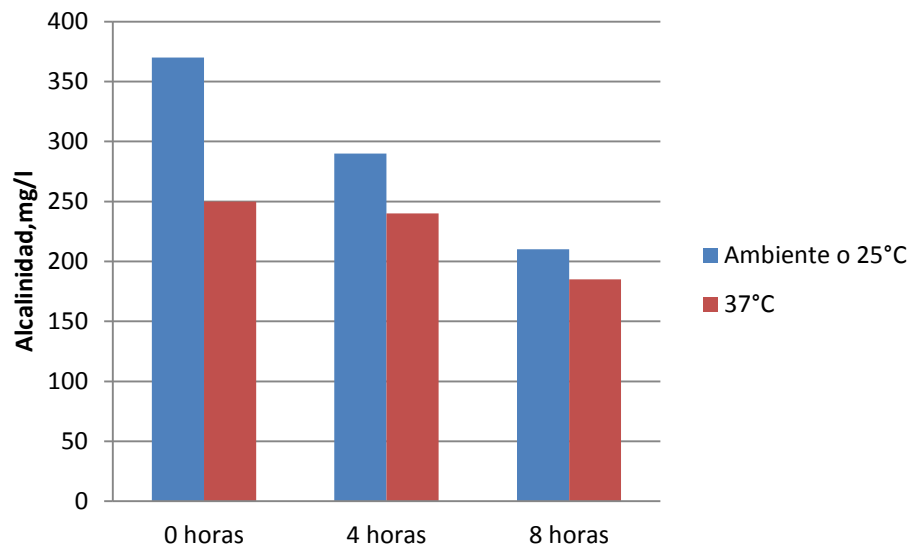


Figura 22.- Comportamiento de alcalinidad para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas Ambiente 25°C y 37°C

Respecto a la alcalinidad en esta grafica se observa el comportamiento que se ha obtenido teniendo un eficiencia de 43% en el caso de temperatura ambiente, mientras a 37°C su eficiencia es de 26% pero su alcalinidad e aceptable, debido a que la muestra de inicio no contenía mucha alcalinidad. De acuerdo con el Decreto Supremo N° 002 -2008 –MINAM lo permitido es 370 mg/L en ambos casos la alcalinidad está dentro de lo permitido.

- **Cloruros**

En las tablas 14 y 15 se muestran los gastos y el resultado en relación a cloruro, observando que hay una disminución en ambos casos de temperatura ambiente y de 37°C. En ambos casos se la presencia de cloruros es mínima y va disminuyendo, esto indica que dentro de nuestro enjuague no hay presencia de ion cloruro, lo cual es beneficio para regadíos. Se empleó la ecuación (2) para los resultados de cloruros:

$$\text{Cloruros ppm} = \frac{100 \text{ ml} \times 0.1\text{N} \times 35.5\text{mg/eq} \times 1000\text{ml/L}}{0.7\text{ml}}$$

$$\text{Cloruros ppm} = 24.85 \text{ ppm}$$

Tabla 14.-Comportamiento de Cloruros durante el monitoreo al proceso de depuración a temperatura ambiente 25°C

	Tiempo (hora)		
	0	4	8
Muestra, ml	100	100	100
Fenolftaleína 1%, gotas	3	3	3
Ácido sulfúrico 0.1 N, gotas	3	0	0
Cromato de Potasio al 10%, gotas	2	2	2
Nitrato de plata 0.1N, ml	0.7	0.5	0.45
Cloruros, ppm	24.85	17.75	15.975

Tabla 15.-Comportamiento de Cloruros durante el monitoreo al proceso de depuración a temperatura ambiente 37°C.

	Tiempo (hora)		
	0	4	8
Muestra, ml	100	100	100
Fenolftaleína 1%, gotas	3	3	3
Ácido sulfúrico 0.1 N, gotas	0	0	0
Cromato de Potasio al 10%, gotas	2	2	2
Nitrato de plata 0.1N, ml	0.6	0.4	0.3
Cloruros, ppm	21.3	14.2	10.65

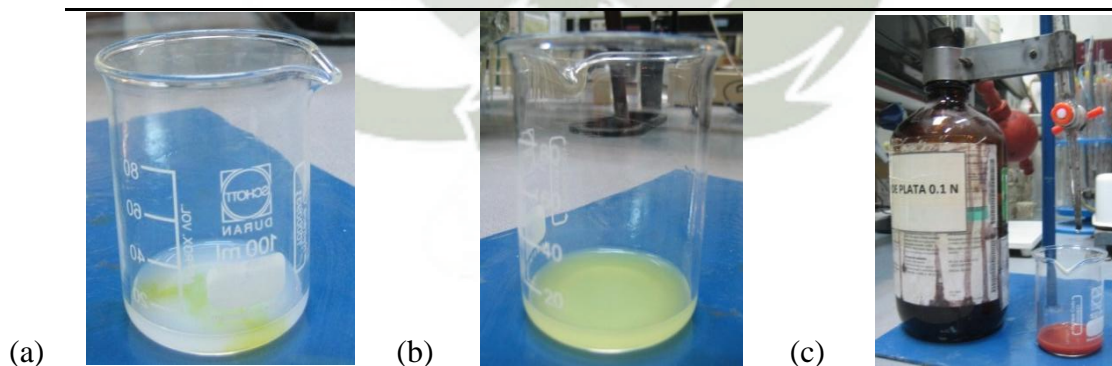


Figura 23.- Análisis de Cloruros (a) Muestra de agua residual industrial (b) muestra más indicador fenolftaleína al 1% (c) Titulación con nitrato de plata 0.1 N

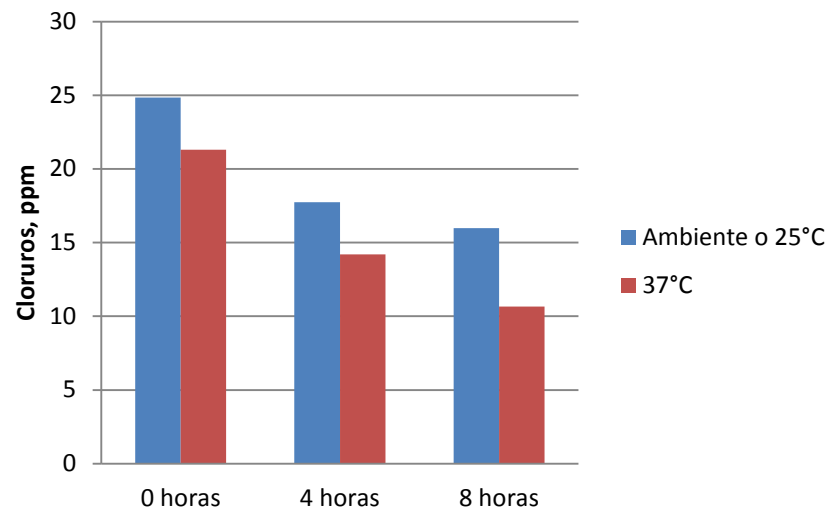


Figura 24.- Comportamiento de cloruros para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas Ambiente 25°C y 37°C

En cloruros la muestra de inicio es decir 0 hora no contienen muchos cloruros debido al enjuague que no contiene sustancias que indique que se alto en cloruros, su eficiencia 35% en temperatura ambiente, y 50% en 37°C obteniendo una disminución notario este caso. Dentro del Decreto Supremo N° 002 -2008 –MINAM el límite es 100- 700 mg/l lo cual indica que el enjuague no causa daño.

- **DBO5**

En la tabla 16 y 17se reporta los resultados obtenidos, se procedió a la aplicación de la fórmula (4). Se hizo un monitoreo de DBO5 teniendo un resultado satisfactorio de en la temperatura de Ambiente o 25°C y 37°C, obteniendo en ambas una buena eficiencia.

Tabla 16.- Comportamiento de DBO5 durante el monitoreo al proceso de depuración a temperaturas 25°C o ambiente.

TEMPERATURA	Tiempo (hora)		
	0	4	8
Oxígeno Disuelto Inicial Muestra	53.8	42.6	38.6
Oxígeno Disuelto Final Muestra	46.8	32.23	19.08
Oxígeno Disuelto inicial Control Inoculo		87.9	
Oxígeno Disuelto final Control Inoculo		35.6	
DBO5 mg/l	2895	1352	393

Tabla 17.- Comportamiento de DBO5 durante el monitoreo al proceso de depuración a temperaturas 37°C.

TEMPERATURA	Tiempo (hora)		
	0	4	8
Oxígeno Disuelto Inicial Muestra	97.8	72.3	59.9
Oxígeno Disuelto Final Muestra	27.2	18.1	22.7
Oxígeno Disuelto inicial Control Inoculo		76.5	
Oxígeno Disuelto final Control Inoculo		23.4	
DBO5 mg/l	4315	2240	1770

Dentro del Decreto Supremo N° 002 -2008 –MINAM se considera un límite permisible de 15 mg/L, de los dos procesos no se logró alcanzar el valor, pero si se logró un descenso notorio.

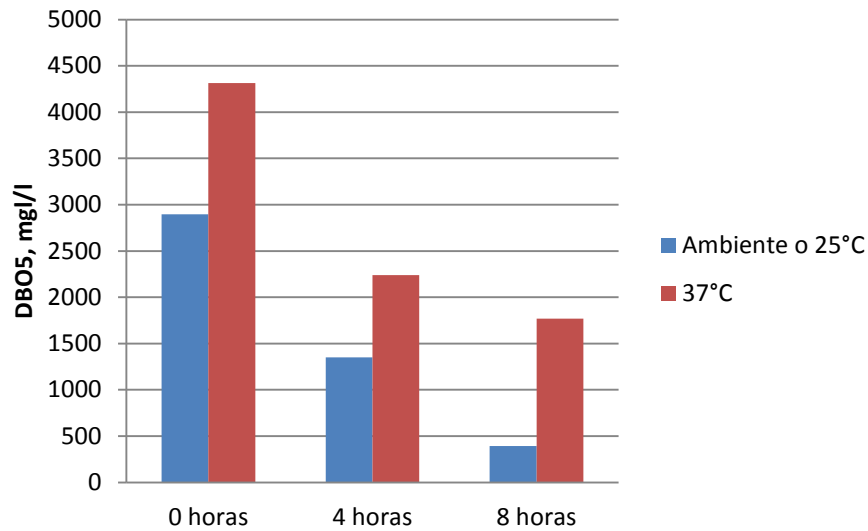


Figura 25.- Comportamiento de DBO5 para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas Ambiente 25°C y 37°C

En la Figura 25 se observa cómo va decreciendo la demanda biológica de oxígeno, a 37°C la eficiencia que se obtiene es de 59 % pero es satisfactorio debido a que empezó con un elevado porcentaje de DBO, pero con más eficiencia fue el de temperatura ambiente o 25°C obteniendo 86% de DBO, siendo la más útil para el proceso.

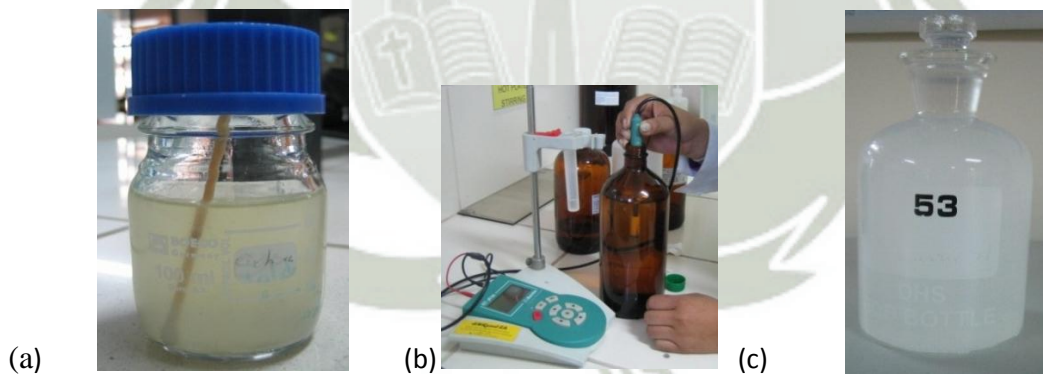


Figura 26.- Metodología para el análisis de DBO5, (a) isopado de un alcantarillado de aguas residuales domésticas, inóculo empleado para el análisis de consumo de oxígeno, (b) Medición de pH a la solución saturada de Oxígeno(c) Frasco de Winkler empleado en la determinación de DBO5, se dejó a temperatura ambiente ya que no se contaban con incubadoras a 22°C.

- **DQO**

Los resultados se muestran en la Tabla 18 y 19, el procedimiento a temperatura ambiente o 25 °C se observa una degradación satisfactoria, es decir que no presenta demasiada materia orgánica. Mientras en 37°C el procedimiento es efectivo hasta las 4 horas, pero hay un cambio en 8 empieza elevarse, esto se debe a que los microorganismos han llegado a su fase muerte y se ha incrementado la materia orgánica. Para la DQO se empleó la ecuación (5) para poder obtener los resultados:

$$DQO \text{ mg/l} = \frac{(3,6\text{ml} - 1,2\text{ml}) \times 0.25\text{M} \times 8000}{1\text{ml}}$$

$$DQO \text{ mg/l} = 4723 \text{ mg/l}$$

Tabla 18.- Comportamiento de DQO durante el monitoreo al proceso de depuración a temperaturas 25°C o ambiente.

TEMPERATURA	Tiempo (hora)		
	0	4	8
Gasto de titulación del Blanco, ml	3.6	5.8	4.3
Gasto de titulación de la muestra, ml	1,2	4,8	3.4
Molaridad del sulfato ferroso amoniacal, mol/l	0.25	0.25	0.25
Volumen de la muestra, ml	1	1	1
DQO mgO ₂ /l	4723	2043	1721

Tabla 19.-Comportamiento de DQO durante el monitoreo al proceso de depuración en a temperatura 37°C.

TEMPERATURA	Tiempo (hora)		
	0	4	8
Gasto de titulación del Blanco, ml	4.2	3.4	3.9
Gasto de titulación de la muestra, ml	0.8	2.2	1.8
Molaridad del sulfato ferroso amoniacal, mol/l	0.25	0.25	0.25
Volumen de la muestra, ml	1	1	1
DQO mgO ₂ /l	6799	2461	4136

Dentro del Decreto Supremo N° 002 -2008 –MINAM se fija un límite de 40 mg/L, de acuerdo con nuestros procedimientos no se logró alcanzar, pero se logró un descenso significativo del DQO en ambos casos.

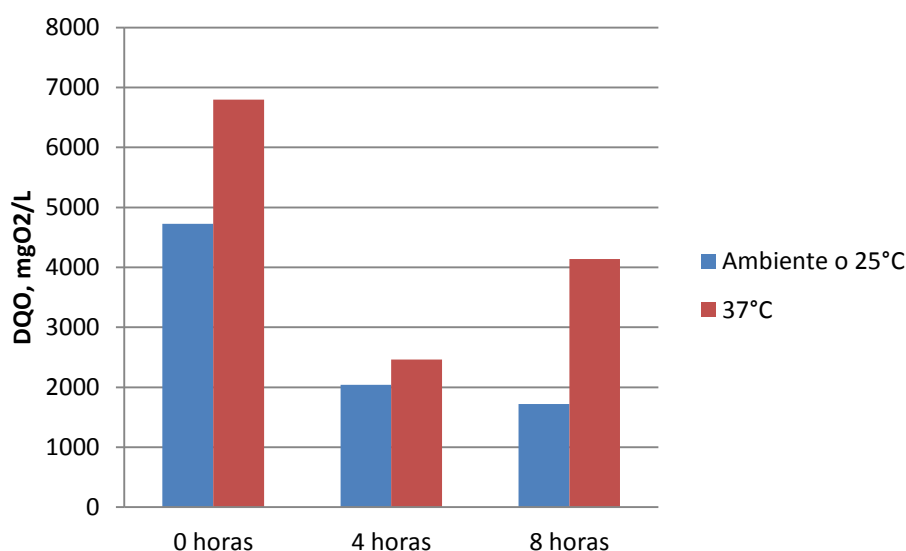


Figura 27.- Comportamiento de DQO para muestras del proceso de tratamiento de agua residual industrial, resultados a tiempo 0 4 y 8 horas de reacción, a dos diferentes temperaturas Ambiente 25°C y 37°C

A diferencia del DBO5 en DQO también se obtuvo resultados satisfactorios, en la temperatura ambiente o 25°C una eficiencia a las 8 horas de 63%, mientras en el caso de 37°C se obtuvo un eficiencia de 63% a las 4 horas pero no se obtuvo lo contrario

en las 8 horas que se tienen un eficiencia de 39% con respecto a la hora cero. Eso se debe a la los microorganismos a este temperatura actúan más rápido debido a que están su ambiente, llegando a las 8 horas en la fase de muerte, incrementando así la materia orgánica.



(a)



(b)

Figura 28.- Procedimiento de análisis de DQO, (a) de izquierda a derecha, matraz con solución “blanco” y matraz con muestra, se observa la coloración producida al mezclar las soluciones con sulfato mercúrico (b) montaje del condensador tipo Friedrich se observa el matraz con la solución de color verde que contiene la muestra, y el matraz con solución naranja que contiene el “blanco”.

B. Parámetros Organolépticos

El color y olor son parámetros característicos en las aguas de enjuague depuradas siendo blanquesino y agrio respectivamente.

C. Tabla 20.- Cuadro resumen de parámetros organolépticos a temperatura ambiente o 25°C y 37°C.

PARÁMETROS	Tiempo (Hora)		
	0	4	8
Color	Blanquesino	Crema transparente	Incoloro
Olor	Agrio	Agrio	Agrio

D. Parámetros Microbiológicos

Se hizo el monitoreo al comienzo y final del procedimiento, es decir que se evaluaron a las 0 horas y 8 horas en las temperaturas de ambiente o 25°C y 37°C. Los resultados son los siguientes:

Tabla 21.- Resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura ambiente o 25°C a tiempo inicial 0 horas.

MICROORGANISMO	TÉCNICA	TABLA NMP			RESULTADO
		10 ml	1 ml	0.1 ml	
Coliformes	Identificación de Coliformes Totales por la técnica del Numero Más probable	2	1	1	20
	Identificación de Coliformes Termo Tolerantes por la técnica del Numero Más probable	1	1	0	7
Estreptococos	Prueba confirmativa en Agar EMB	TMTC	300	178	1.78 x 10 ³ UFC/ml agua
	Caldo AzidaRothe por la técnica del Numero Más probable	0	0	0	0

MICROORGANISMO	TÉCNICA	DILUCIÓN					RESULTADO
		10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	
Mesófilos viables	Método de vertimiento en placa Agar Plate Count	TMTC	TMTC	TMTC	120	10	1.2 x 10 ⁵ UFC/ml
Salmonella	Desarrollo en Agar Salmonella y Shigela	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
Pseudomonas	Desarrollo en Agar Cetrimida	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
Mohos	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	3	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	3 x 10 ⁰ UFC/ml
Levaduras	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	20	5	S.D.	S.D.	S.D.	2 x 10UFC/ml

Tabla 22.- Resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura ambiente o 25°C a tiempo final 8 horas.

MICROORGANISMO	TÉCNICA	TABLA NMP			RESULTADO
		10 ml	1 ml	0.1 ml	
Coliformes	Identificación de Coliformes Totales por la técnica del Numero Más probable	3	1	1	75
	Identificación de Coliformes Termo Tolerantes por la técnica del Numero Más probable	1	0	0	4
Estreptococos	Prueba confirmativa en agar EMB	TMTC	180	8	1.8 x10 ² UFC/ ml agua
	Caldo AzidaRothe por la técnica del Numero Más probable	0	0	0	0

MICROORGANISMO	TÉCNICA	DILUCIÓN					RESULTADO
		10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	
Mesófilos viables	Método de vertimiento en placa Agar Plate Count	TMTC	TMTC	TMTC	130	20	1.3 x 10 ⁵ UFC/ml
Salmonella	Desarrollo en Agar Salmonella y Shigela	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
Pseudomonas	Desarrollo en Agar Cetrimida	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
Mohos	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	4	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	4 x 10 ⁰ UFC/ml
Levaduras	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	10	3	S.D.	S.D.	S.D.	1 x 10UFC/ml

Tabla 23.- Tabla resumen de los resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura ambiente o 25°C. Comparando resultados a tiempo 0 y 8 horas.

MICRORGANISMO	TÉCNICA	RESULTADO	
		TIEMPO 0 H	TIEMPO 8 H
Coliformes	Coliformes Totales, Número Más probable	20	75
	Coliformes Termo Tolerantes, Número Más probable	7	4
Streptococcus	Prueba confirmativa en Agar EMB	1,78 x 10 ³ UFC/ml agua	1.8 x 10 ² UFC/ ml agua
	Caldo AzidaRothe, Número Más probable	0	0

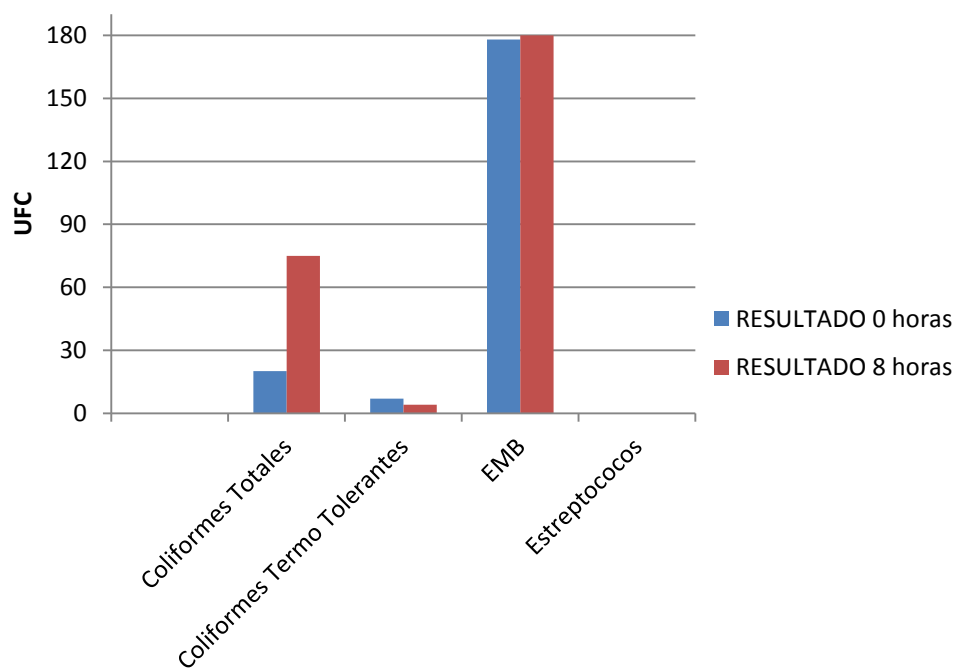


Figura 29.- Comparación de los resultados en análisis microbiológicos a temperaturas Ambiente 25°C, Coliformes Totales por el método de NMP, Coliformes Termo tolerantes por el método del NMP, para Coliformes se realizó al prueba confirmativa empleando medio de cultivo EMB, Streptococcus se empleó Caldo Rothe por la metodología del NMP.

Tabla 24.- Tabla resumen de los resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura ambiente o 25°C. Comparando resultados a tiempo 0 y 8 horas.

MICROORGANISMO	TÉCNICA	RESULTADO	
		TIEMPO 0 H	TIEMPO 8 H
Mesófilos viables	Método de vertimiento en placa	1.2 x 10 ⁵ UFC/ml	1.3 x 10 ⁵ UFC/ml
Salmonella	Desarrollo en Agar S.S.	0 UFC/ml	0 UFC/ml
Pseudomonas	Desarrollo en Agar Cetrimida	0 UFC/ml	0 UFC/ml
Mohos	Desarrollo en Agar Sabouraud + Cloranfenicol	3 x 10 ⁰ UFC/ml	4 x 10 ⁰ UFC/ml
Levaduras	Desarrollo en Agar Sabouraud + Cloranfenicol	2 x 10 ⁰ UFC/ml	1 x 10 ⁰ UFC/ml

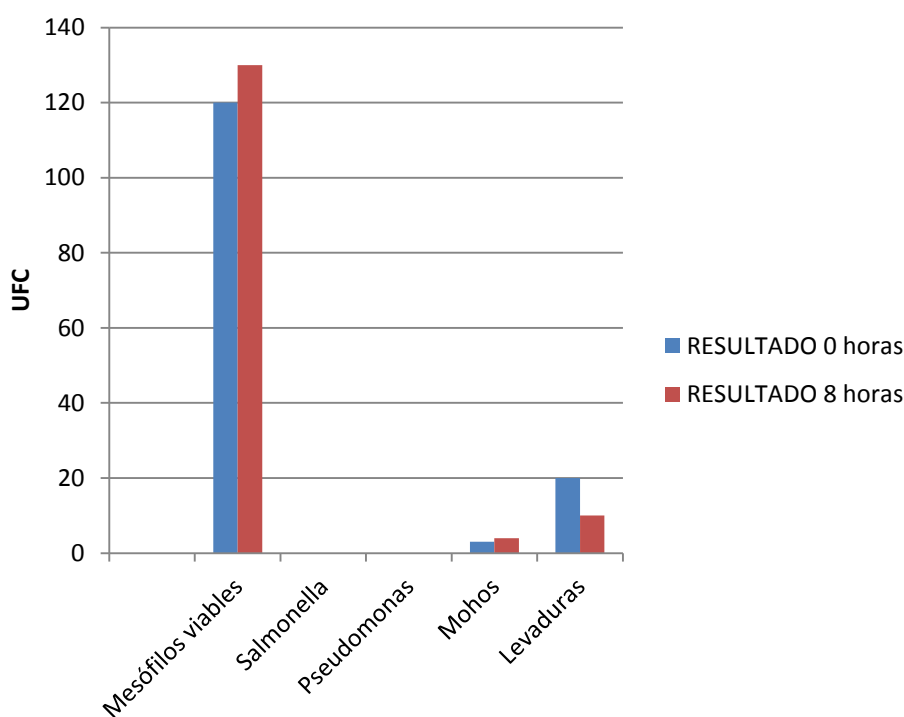


Figura 30.- Comparación de los resultados en análisis microbiológicos a temperaturas Ambiente 25°C, Mesófilos viables, Salmonella, Pseudomonas, Mohos y Levaduras

Tabla 25.- Resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura 37°C a tiempo inicial 0 horas.

MICROORGANISMO	TÉCNICA	TABLA NMP			RESULTADO
		10 ml	1 ml	0.1 ml	
Coliformes	Identificación de Coliformes Totales por la técnica del Numero Más probable	3	1	2	120
	Identificación de Coliformes Termo Tolerantes por la técnica del Numero Más probable	3	0	0	43
	Prueba confirmativa en Agar EMB	TMTC	223	34	3.4 x 10 ² UFC/ml agua
Estreptococos	Caldo AzidaRothe por la técnica del Numero Más probable	0	0	0	0

MICROORGANISMO	TÉCNICA	DILUCIÓN					RESULTADO
		10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	
Mesófilos viables	Método de vertimiento en placa Agar Plate Count	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	158	1.58 x 10 ⁶ UFC/ml
Salmonella	Desarrollo en Agar Salmonella y Shigela	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
Pseudomonas	Desarrollo en Agar Cetrimida	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
Mohos	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	12	2	S.D.	S.D.	S.D.	1.2 x 10UFC/ml
Levaduras	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	168	96	8	S.D.	S.D.	9.6 x 10UFC/ml

Tabla 26.- Resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a temperatura 37°C a tiempo final 8 horas.

MICROORGANISMO	TÉCNICA	TABLA NMP			RESULTADO
		10 ml	1 ml	0.1 ml	
Coliformes	Identificación de Coliformes Totales por la técnica del Numero Más probable	3	0	2	64
	Identificación de Coliformes Termo Tolerantes por la técnica del Numero Más probable	0	1	0	3
Estreptococos	Prueba confirmativa en Agar EMB	TMTC	194	26	1.94 x 10 ² UFC/ml agua
	Caldo Azida Rothe por la técnica del Numero Más probable	0	0	0	0

MICROORGANISMO	TÉCNICA	DILUCIÓN					RESULTADO
		10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	
Mesófilos viables	Método de vertimiento en placa Agar Plate Count	TMTC	TMTC	TMTC	TMTC	97	9.7 x 10 ⁵ UFC/ml
Salmonella	Desarrollo en Agar Salmonella y Shigela	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
Pseudomonas	Desarrollo en Agar Cetrimida	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	0 UFC/ml
Mohos	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	8	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	8 x 10 ⁰ UFC/ml
Levaduras	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	154	23	5	S.D.	S.D.	1.54 x 10 ² UFC/ml

Tabla 27.- Tabla resumen de resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a 37°C. Comparando resultados a tiempo 0 y 8 horas.

MICROORGANISMO	TÉCNICA	RESULTADO	
		TIEMPO 0 H	TIEMPO 8 H
Coliformes	Coliformes Totales, Número Más probable	120	64
	Coliformes Termo Tolerantes, Numero Más probable	43	3
	Prueba confirmativa en Agar EMB	3.4×10^2 UFC/ml agua	1.94×10^2 UFC/ml agua
Estreptococos	Caldo Azida Rothe, Número Más probable	0	0

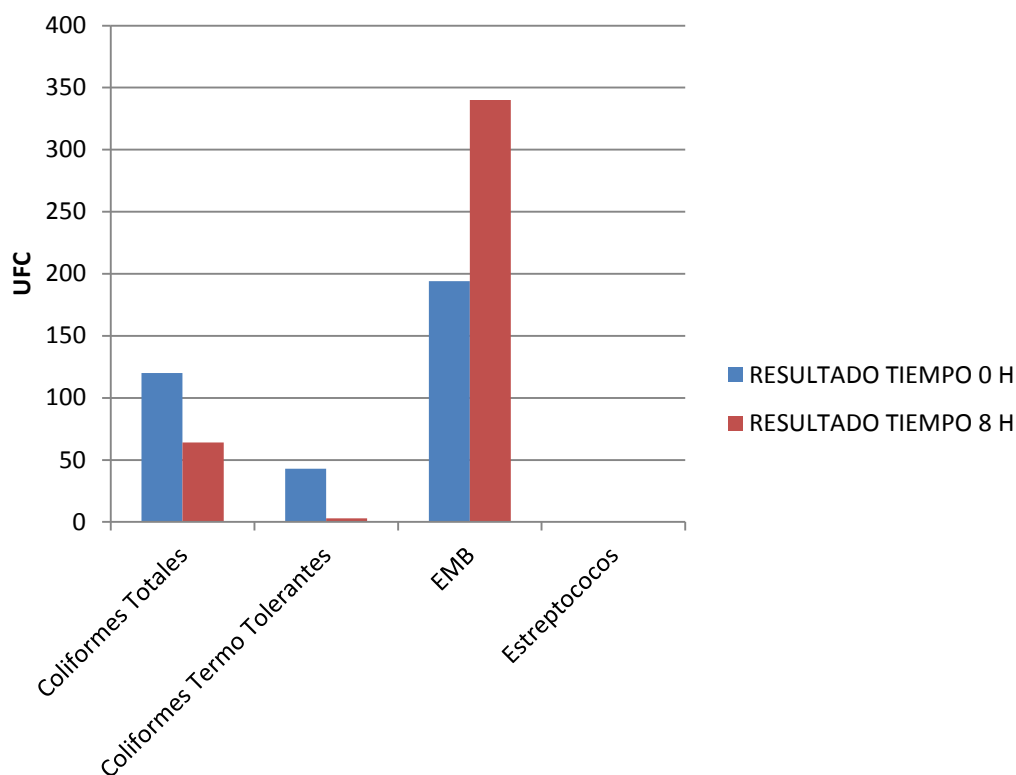


Figura 31.- Comparación de los resultados en análisis microbiológicos a 37°C, Coliformes Totales por el método de NMP, Coliformes Termo tolerantes por el método del NMP, para Coliformes se realizó la prueba confirmativa empleando medio de cultivo EMB, Estreptococcus se empleó Caldo Rothe por la metodología del NMP.

Tabla 28.- Tabla resumen de resultados de conteo de análisis de identificación microbiológica para depuración de agua residual industrial a 37°C. Comparando resultados a tiempo 0 y 8 horas.

MICROORGANISMO	TÉCNICA	RESULTADO	
		TIEMPO 0 H	TIEMPO 8 H
Mesófilos viables	Método de vertimiento en placa	1.58 x 10 ⁶ UFC/ml	9.7 x 10 ⁵ UFC/ml
Salmonella	Desarrollo en Agar S.S.	0 UFC/ml	0 UFC/ml
Pseudomonas	Desarrollo en Agar Cetrimida	0 UFC/ml	0 UFC/ml
Mohos	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	1.2 x 10 ⁰ UFC/ml	8 x 10 ⁰ UFC/ml
Levaduras	Desarrollo en Agar Sabouroad + Cloranfenicol	9.6 x 10 ⁰ UFC/ml	1.54 x 10 ² UFC/ml

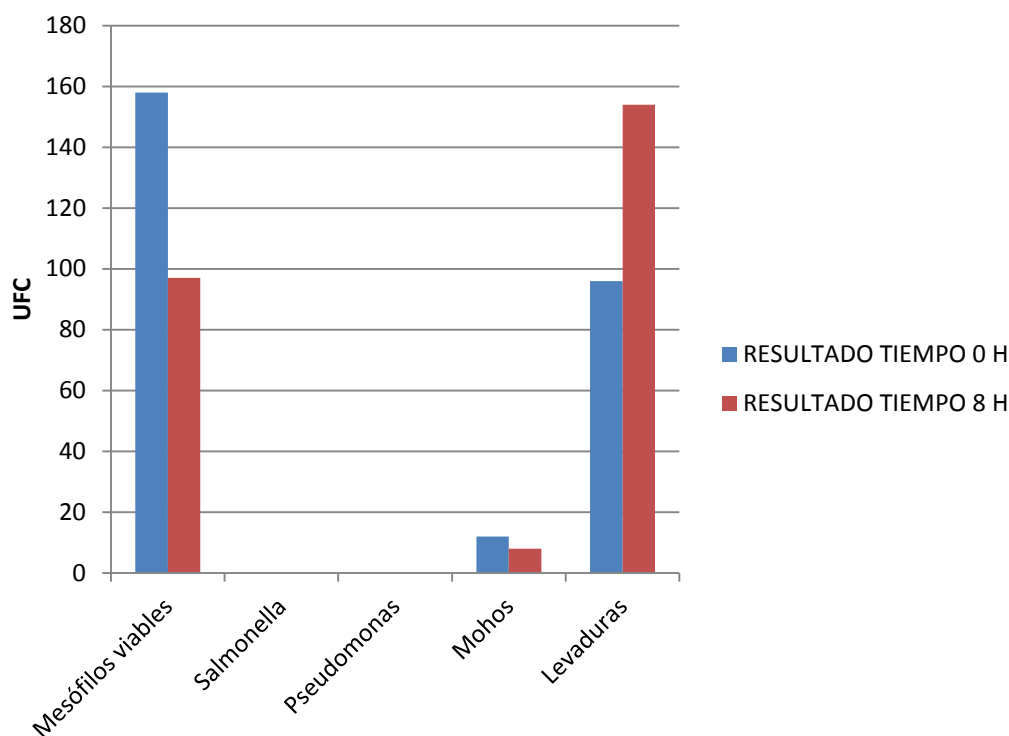


Figura 32.- Comparación de los resultados en análisis microbiológicos a 37°C, Mesófilos viables por el método de vertimiento en placa, Salmonella en agar selectivo S.S., Pseudomonas en agar Cetrimide, Mohos y Levaduras en Agar Sabouroad.

4.5. Diseño de cálculo del SBR – Reactor Biológico Secuencial

✓ **Caudal mínimo:** (L/h)

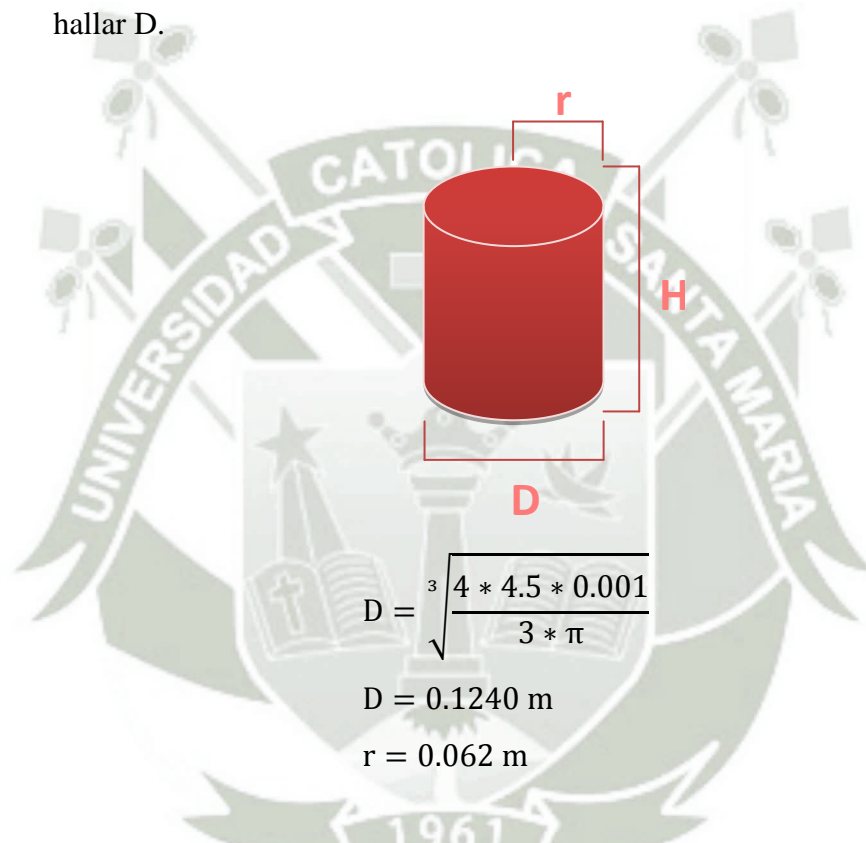
En la fórmula5 remplazamos los valores conocidos:

$$Q = \frac{4.5 \text{ L}}{8 \text{ h}}$$

$$Q = 0.5625 \text{ L/h}$$

✓ **Relación H/D:**

Sabiendo la relación entre altura y diámetro, empleamos la fórmula7 para hallar D.



Con el valor de diámetro hallamos H, empleando la fórmula8:

$$H = 0.1240 \text{ m} * 3$$

$$H = 0.3722 \text{ m}$$

Ya con los valores de H y D, encontramos:

De: diámetro externo

Re: radio externo

Siendo el grosor del material igual a 4 mm:

$$De = 0.132 \text{ m}$$

$$re = 0.066 \text{ m}$$

✓ **Área del reactor:(m²)**

Hallamos el área del reactor empleando la fórmula 9:

$$A = \pi * \left(\frac{0.1240 \text{ m}^2}{4} \right)$$

$$A = 0.012 \text{ m}^2$$

✓ **Área del head plate:(m²)**

Empleando la fórmula 11 hallamos el área circular del head plate:

$$A_0 = \pi * (0.066 \text{ m})^2$$

$$A_0 = 0.0136 \text{ m}^2$$

✓ **Carga Hidráulica:(m/min)**

Empleamos la fórmula 11:

$$C_H = \left(\frac{0.5625 \frac{L}{h} * 0.001 * 0.017}{0.012 \text{ m}^2} \right)$$

$$C_H = 0.00077 \text{ m/min}$$

✓ **Altura efectiva del reactor:(m)**

Usamos la fórmula 12 para hallar el valor de altura efectiva:

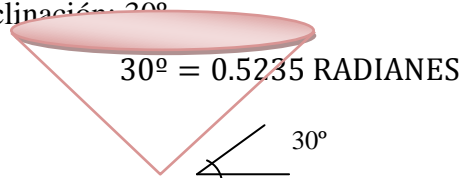
$$L = \left(\frac{4 * 0.0045 \text{ m}^3}{\pi * (0.1240 \text{ m})^2} \right)$$

$$L = 0.3726 \text{ m}$$

✓ **Base Cónica:**

Lado: 12.40 cm

Angulo de inclinación: 30°



CONO INICIAL

Altura:

$$\cos(0.5235) = 0.8660$$

$$H = \frac{6.2035}{0.8660}$$

$$H = 7.1631$$

Longitud del pendiente:

$$\sin(0.5235) = 0.5$$

$$LP = \frac{0.5}{7.1631}$$

$$LP = 3.5815$$

Área:

$$A_{\nabla} = \frac{12.4070 \times 7.1631}{2}$$

$$A_{\nabla} = 44.4368 \text{ cm}^2$$

Volumen:

$$V_{\nabla} = \frac{\pi \times 6.2035^2 \times 7.1631}{3}$$

$$V_{\nabla} = 288.6751 \text{ cm}^3$$

CONO SECUNDARIO

Altura:

$$\cos(0.5235) = 0.8660$$

$$H = \frac{6.2035}{0.8660}$$

$$H = 7.7332 \text{ cm}$$

Longitud del pendiente:

$$\sin(0.5235) = 0.5$$

$$LP = \frac{0.5}{7.7332 \text{ cm}}$$

$$LP = 0.3666 \text{ cm}$$

Área:

$$A_{\nabla} = \frac{1.27 \times 0.7332}{2}$$

$$A_{\nabla} = 0.465\text{cm}^2$$

Volumen:

$$V_{\nabla} = \frac{\pi \times 0.635^2 \times 0.7332}{3}$$

$$V_{\nabla} = 0.3096\text{cm}^3$$

Para el ploteo de estos datos obtenidos por cálculo de diseño, se empleó AutoCAD y se diagramaron planos de las partes importantes del bioreactor, estos planos se visualizan en el Anexo 6, en el Anexo 6.1 se diagrama un ploteo en planta y corte del Head Plate, y en el Anexo 6.2 se diagrama una elevación del vessel – cuerpo principal del bioreactor. Anexo 6.3 corresponde al corte longitudinal del vessel.

Todos los planos se encuentran en escala 1:175 y las medidas señaladas en unidades de cm.

A continuación se colocó evidencia fotográfica que señala las partes del bioreactor y sus características:

- Vessel: material de acrílico de 4 mm de espesor, forma cilíndrica, volumen real de 4.8 L volumen útil de 4.5 L

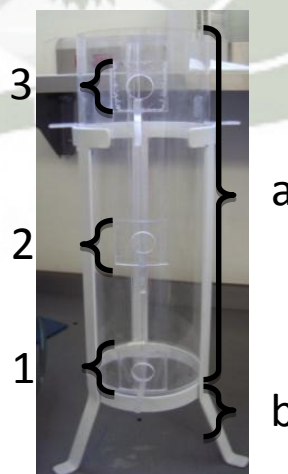


Figura 33.-Vessel, cuerpo principal del bioreactor donde: a. Es la parte cilíndrica, que aloja los puertos de toma de muestra 1 y 2 y 3 los cuales sirven para tomar muestras en el proceso de depuración y para luego decantar el agua tratada. b. Parte cónica, base del reactor es la zona donde se da mayormente la sedimentación de los lodos.

- Base cónica: material de acrílico de 4 mm de espesor con una inclinación de altura de 6 cm diámetro de 13 cm,

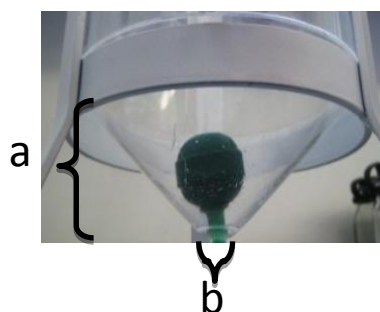


Figura 34.- Base cónica del bioreactor, a. Geometría de 6 cm de altura y una inclinación de 30° que sirve para que el lodo biológico logre una buena sedimentación, b. ingreso de aire mediante la piedra difusora.

- Head plate: material de acrílico de 4 mm de espesor con un diámetro de 13.5 cm, en el cual se encuentran los puertos del sensor de temperatura, resistencia y puerto de inóculo.

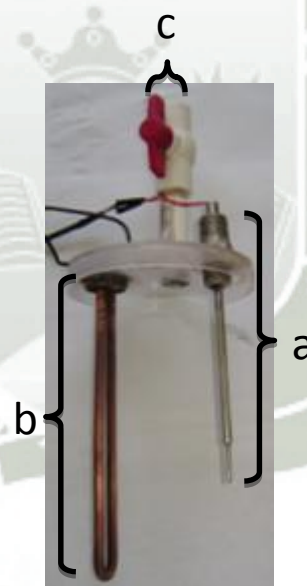


Figura 35.- Head plate, sirve de soporte para: c. puerto de ingreso de agua residual industrial láctea, a. indicador de temperatura, b. resistencia de 220 V.



Figura 36.- Tuberías de PVC empleadas para las conexiones de los puertos.



Figura 37.- Válvula de bola empleada como regulador de flujo para puertos de ingreso y salida.



Figura 38.- Piedra difusora de aire



Figura 39.- Manguera, parte del sistema de aireación



Figura 40.- Bomba de aire empleada para la inyección de aire al bioreactor.



Figura 41.- Base de fierro liso de 1 pulgada, empleado como soporte del bioreactor.



Figura 42.- Resistencia

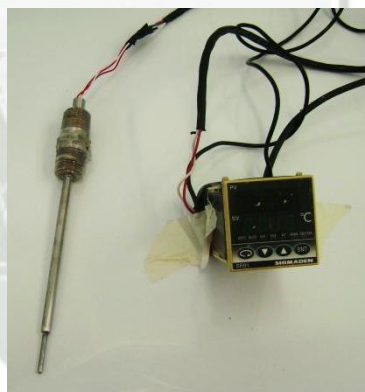


Figura 43.- Indicador de temperatura

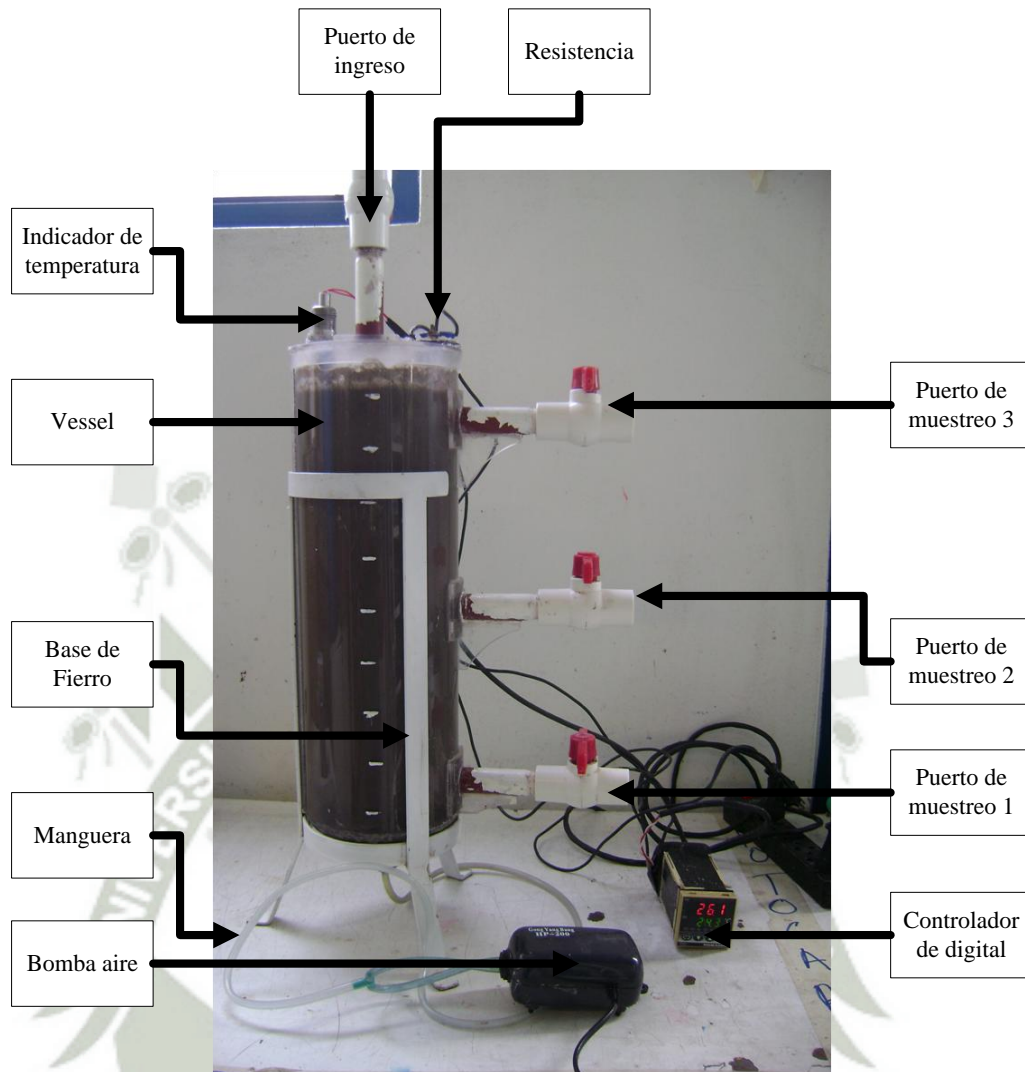


Figura 44.-Diseño completo del bioreactor con partes ensambladas, ya construido, etapa de depuración de agua residual industrial láctea, temperatura ambiente, donde se observa la aireación de la mezcla del agua con el lodo microbiológico.

4.6. Comparación del tratamiento de aguas residuales lácteas a diferentes temperaturas (37°C y 25°C)

Finalizado el ensamblaje del Bioreactor SBR para el tratamiento de aguas residuales lácteas se procedió a la prueba de las muestras seleccionadas. De acuerdo con la metodología se planifico tener dos corridas de ocho horas a dos temperaturas: temperatura ambiente o 25°C y 37°C. Para poder confirmar si es eficiente de nuestro bioreactor se determinó parámetros, para demostrar que el lodo se obtuvo es eficiente. Se tomó muestra al inicio, en la mitad y al final de la corrida para analizar

los parámetros físico-químicos y microbiológicos con la finalidad de comprobar que con el tratamiento los parámetros disminuyen.

En el siguiente cuadro se realizó un resumen comparativo de los datos monitoreados durante la depuración del agua residual industrial, donde se observa la variación de los parámetros (pH, Alcalinidad, Cloruros, DBO5 y DQO). Los datos en las columnas inicio corresponden a los datos de los análisis a tiempo 0 y los datos de las columnas final corresponden a tiempo 8 horas, que es cuando se dio fin al tratamiento.

Tabla29.-Cuadro resumen de la comparación del comportamiento de parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales lácteas inicio y final del tratamiento.

PARÁMETRO	Temperatura ambiente 25°C		37°C	
	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
pH	8.98	5.43	6.73	5.98
Alcalinidad, ppm	370	210	250	185
Cloruros, ppm	24.85	15.97	21.3	10.65
DBO5, mg/l	2895	393	4315	1770
DQO, mg O ₂ /l	4723	1721	6799	4136

Con respecto a los datos obtenidos que se presentan en la tabla siguiente, en la cual tenemos una comparación de la eficiencias donde se observa que la mayor eficiencia alcanzada se obtuvo en el procedimiento a temperatura ambiente o 25°C, siendo la más notable el procedimiento del parámetro de DBO5 con un 86 % de eficiencia alcanzada; a comparación del procedimiento a temperatura de 37°C cuya eficiencia no es la óptima esperada.

Tabla 30.- Cuadro resumen de la comparación del comportamiento de parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales lácteas inicio y final del tratamiento en porcentaje.

PARÁMETRO	Temperatura ambiente 25°C		37°C	
	4	8	4	8
pH	15	24	4	11
Alcalinidad	22	43	4	26
Cloruros	15	24	33	50
DBO5	53	86	48	59
DQO	57	64	64	39

4.7. Costo y escalamiento

Para la realización de estos dos aspectos, se ejecuta las ecuaciones correspondientes para conocer los costos de manufactura; en cuanto al escalamiento se utilizó el spreadsheet del bioreactor para emplear un factor de escala, teniendo como valor conocido el tiempo de residencia. Todas las formulas empleadas para el análisis de costos se encuentran en el Anexo 7, como también el spreadsheet de escalamiento.

Tabla31.- Costos del bioreactor SBR a diferentes escalas.

ASPECTO	FACTOR DE ESCALA		
	1	50	100
Volumen, L	4.5	225	450
Grosor del material, mm	4	28.28	40
Costo de capital, \$	221.59	2317.04	3511.98
Costo de utilitarios, \$	2.51	125.38	250.77
Costo de Manufactura, \$	36958.28	37344.87	37633.62

Mientras más alta sea el factor de escalamiento, los costos de capital, utilitarios y manufactura van aumentar, debido a que el volumen y grosor del material aumenta progresivamente.

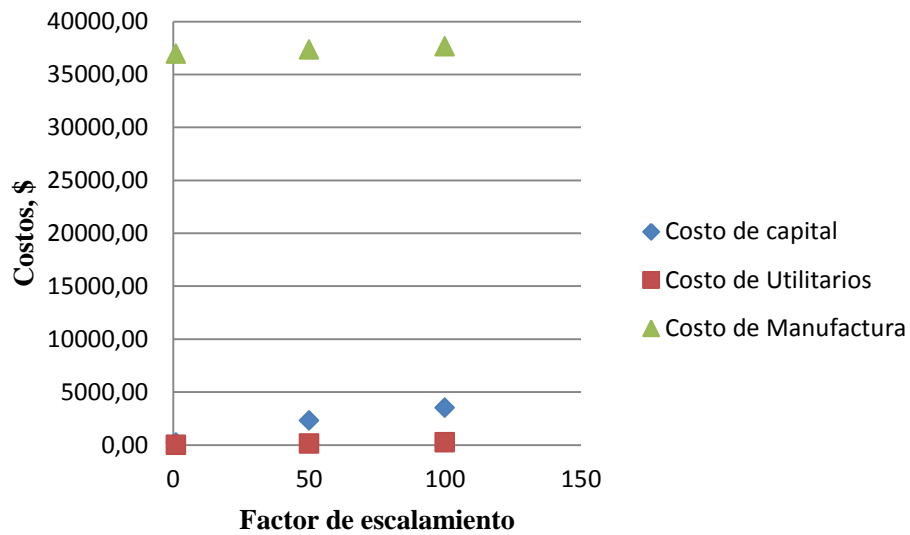


Figura 45.- Comportamiento de los costos de capital y utilitarios en dólares, de acuerdo a los diferentes factores de escalamiento, los datos completos y formulas desarrolladas se encuentran en el Anexo7.



CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Se logró eficientemente, el diseño y construcción de un reactor tipo SBR, para el tratamiento de aguas residuales lácteas generadas por los enjuagues a los tanques de almacenamiento, realizados en los procesos de producción en la planta Agroindustrial del Perú S.A.C., las formulas tomadas de la bibliografía indicada, dieron como resultado un diseño eficiente para el control de la reacción.
- Se obtuvo lodo microbiológico in situ, activando los microorganismos en un lapso de 7 días en los cuales se controlaron los niveles de pH y aguas residuales de enjuague de leche fresca, ya que contenían un menor porcentaje de grasa, siendo ambos parámetros fundamentales para el desarrollo y metabolismo típico de los microorganismos, ya que pH por debajo de 5 se observa la muerte de los microorganismo y pH por encima de 9 los microorganismos entran en fase de latencia.
- Se logró identificar microorganismos presentes en el lodo obteniendo 2.67×10^9 UFC/ml en Agar Mc Conkey, 7.2×10^7 UFC/ml en Agar EMB, 5.0×10^4 UFC/ml para Mohos y 6.9×10^7 UFC/ml para Levaduras en Agar Sabouraud +

cloranfenicol, 0 UFC/ml en Agar sangre + neomicina, Agar Baird Parker, Agar S.S., Agar T.C.B.S. y Agar Cetrimida.

- Se evaluaron los resultados de agua residual industrial láctea obtenidos en los análisis de parámetros, obteniendo para los fisicoquímicos; la conclusión de que a ambas temperaturas (37°C y Ambiente) los rangos de pH fueron de 6,5 a 8, DBO5 baja hasta un valor 393 mg/L y DQO 1721 mgO₂/L (25°C o Ambiente). Al evaluar y comparar los resultados microbiológicos en el procedimiento a temperatura ambiente o 25°C, se observó un incremento de 2 %, en la población de Enterobacterias, del 10 % para Mesófilos viables y finalmente para Levaduras se observó un decrecimiento pasando de un 2 x 10² UFC/ml a 1 x 10² UFC/ml.

Los resultados obtenidos en el procedimiento a 37°C, se obtuvo una disminución en las colonias de Enterobacterias, donde de un 3.4 x 10² UFC/ml agua se pasa a 1.94 x 10² UFC/ml agua, y a diferencia del proceso a temperatura ambiente o 25°C, la población microbiana de Levaduras incrementa de un 9.6 x 10² UFC/ml a 1.54 x 10² UFC/ml.

- En el tratamiento de las aguas residuales industriales lácteas, se obtuvo una eficiencia del 51%, a temperatura ambiente de 25°C, a comparación del tratamiento a 37°C en el cual se obtuvo una eficiencia de 37%. Alcanzando los estándares establecidos según Decreto Supremo N° 002 -2008 –MINAM, para el caso de los parámetros de pH, alcalinidad, cloruros y microbiológicos. Se obtuvo 86 % y 63 % de reducción, para DBO5 y DQO respectivamente, sin embargo estos valores no se encuentran dentro de los estándares de D.S.N° 002 -2008 –MINAM.
- En la construcción de la estructura de costos de capital, utilitarios y manufactura para el SBR, se determinó la relación directamente proporcional en los parámetros. Para el escalamiento se tienen como parámetros base el volumen de agua a tratar y el tiempo de residencia.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar este diseño y alternativa de tratamiento en las industrias lácteas, ya que es una alternativa muy eficaz para el tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos de evaporación, dando como resultado agua tratada que puede ser recirculada en el sistema de producción, esto aportaría una disminución en costos de planta, por lo que como trabajo posterior se recomienda un escalamiento del diseño para poder implementarlo en la planta Agroindustrial Del Perú S.A.C.
- Para la etapa de toma de muestra se debería tener más cuidado y lograr una muestra más representativa, tomando muestras del nivel superior intermedio e inferior en relación a la profundidad del agua.
- Se debería hacer un estudio más exhaustivo de los microorganismos presentes en el lodo y agua residual, caracterizándolos y evaluando sus rutas metabólicas para poder determinar los tiempos exactos de la reacción y poder así obtener una curva de sus cinéticas.
- Este lodo microbiológico puede ser adecuado y empleado en el tratamiento de diferentes aguas residuales industriales derivadas de procesos lácteos, debido a la eficacia que se obtuvo, presentando una alternativa accesible y rápida ya que los microorganismos son nativos y se encuentran ya adecuados a la naturaleza de las aguas.
- Se debería fomentar las investigaciones en las diversas metodologías de tratamiento de aguas, ya que existen sistemas que podrían ser optimizados, si son estudiados a fondo sus diseños y aguas a tratar en ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TEXTOS, CAPÍTULOS DE TEXTOS, REVISIONES, ARTÍCULOS Y COMUNICACIONES PERSONALES.

1. **Concepto según, DS.** Aprobación de límites máximos permisibles (LMP) a las descargas de aguas residuales en los sistemas de recolección de alcantarillado sanitario. España, 2007.
2. **Grupo de Estudios de Ingeniería Ambiental (G.E.I.A.) y Departamento de Saneamiento.** Anexo IX. Aguas Residuales y Tratamiento de Efluentes Cloacales. Proyecto de Gestión Ambiental Integral de los Residuos en la Localidad de Cabildo (Partido de Bahía Blanca). Buenos Aires Argentina: s.n., 2007.
3. **Kestler Rojas, Patricia Jamilette.** Uso, Reuso y Reciclaje de Agua Residual en una Vivienda. Guatemala: Universidad Rafael Landívar Facultad de Ingeniería Civil Administrativa, 2004.
4. **Ferrero, J.M., Duran, d. y Lara, a.** Convivir en la tierra. Lugar Editorial, Buenos Aires, 1994.
5. **Escuela Universitaria Politecnica de Sevilla. Tar Innova I+D.** Análisis de Aguas. España: s.n., 2009.
6. **Cárdenas León, Jorge Alonso.** Capítulo 18, Demanda Biológica de Oxígeno. Colombia, 2010.
7. **Cárdenas León, Jorge Alonso.** Capítulo 17, Demanda Química de Oxígeno. Colombia, 2010.
8. **Secretaria de Economía de DGN – Estados Unidos Mexicanos.** Análisis De Agua - Determinación De La Demanda Química De Oxígeno En Aguas Naturales, Residuales Y Residuales Tratadas - Método De Prueba (Cancela A La Nmx-Aa-030-1981). México, 2001.

9. **Planta Elaboradora de Nutrientes y Alimentos Funcionales.** Procedimiento de Limpieza E Higienización - Planta De Producción Aquaprotein S.A. Chile, 2010.
10. **Peña Fernández, Javier; Sánchez Glave, Felipe; Nuñez Zela, Carlos.** Instructivo de uso de CIP A, CIP B – Planta Majes. Perú- Arequipa, 2011.
11. **García Gonzales, Julián.** Universidad Complutense de Madrid Facultad de Ciencias Químicas Departamento de Ingeniería Química. Activación de las Proteasas Bacterianas En Sistemas de Depuración Biológicos. Madrid, 1996.
12. **Giraldo Valencia, Luis Fernando; Restrepo Marulanda, Isabel Cristina.** Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Arranque y operación de un reactor experimental de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales urbanas. Colombia, 2003.
13. **Ronzano y J.L. Dapena.** Examen De Los Fangos Activados. España, 2006.
14. **Guerra Millan, Francisco Jose; Struck Garza, Adelwart.** Laboratorio de Ingeniería Ambiental- Practica 1: Caracterización de Aguas Residuales Trabajo Pre-laboratorio. México D.F., 8 setiembre de 2008.
15. **NMX-AA-073-SFCI –2001.** Determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas
16. **Método 9253** “Chloride (Titrimetric, Silver Nitrate)”, Environmental Protection Agency, “Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes”, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, 1994, pp. 1- 6.5.
17. **Ojeda Suarez, Trinidad.** Manual de Análisis de Agua. Colombia, 2008
18. **NMX-AA-030-SFCI.** Terminación de Demanda química de Oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
19. **Roider J..** Análisis de Aguas, Omega, Barcelona, 1990

20. **R.S. Ramalho.** Tratamiento de Aguas Residuales, Ed. Reverté, 2003.
21. **A Mohseni-Bandpi, H Bazari.** Biological Treatment of Dairy Wastewater by Sequencing Batch Reactor. Dept. of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Iran, 2004.
22. **Barrenechea Martel, Ada.** Capítulo 1: Aspectos Fisicoquímicos De La Calidad Del Agua. España 1994.
23. **Facultad De Ciencias Laboratorio De Electroquímica Fundamental.** Teoría y práctica de la medida de pH. Uruguay.
24. **NMX-AA-008-SCFI-2000.** Análisis De Agua - Determinación Del Ph - Método De Prueba (Cancela a La NMX-AA-008-1980).
25. **NMX-AA-007-SCFI-2000.** Análisis De Agua - Determinación De La Temperatura En Aguas Naturales, Residuales Y Residuales Tratadas - Método De Prueba (Cancela a La NMX-AA- 007-1980)
26. **Goyenol, Guillermo.** Guía para la utilización de las Valijas Viajeras - Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. España, Junio 2007.
27. **Universidad Nacional del Noreste.** Química General y tecnológica. Trabajo Practico N°4: Volumetría de Precipitación. Argentina 2010.
28. **Escaler, M. Isabel y Mujeriego, Rafael.** Eliminación Biológica De Nutrientes (Nitrógeno Y Fósforo) Mediante Un Proceso Discontinuo De Fangos Activados. Ingeniería del Agua. Francia, Marzo-2001.
29. **Bailey y Scott.** Diagnostico Microbiológico, Undécima edición, capítulo 9. España-2004.
30. **Jave Márquez, Mercedes.** Guía de prácticas de microbiología I practica N° 1 “Morfología bacteriana y métodos de coloración”. Perú -2006.
31. **ICMSF.** International Commision on Microbiological Spacifications for Foods. Estados Unidos- 2006.

32. **Caicedo Messa, Francisco Javier; Molina Ordoñez, Juan David.** “Remoción de materia orgánica de lixiviados del relleno sanitario La Esmeralda por medio de un reactor U.A.S.B.”. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Facultad e Ingeniería y Arquitectura. Colombia-2003.
33. **Bailey y Scott.** Diagnostico Microbiológico, Undécima Edición, Capitulo 10, 11 y 18. España -2004.
34. **Jave Márquez, Mercedes.** Guía de prácticas de microbiología I, Practica 6, 8, 9 y 14. Perú- 2006.
35. **Peña Fernández, Javier; Sánchez Glave, Felipe; Nuñez Zela, Carlos.** Instructivo de Producción de leche Fresca – Planta Majes. Perú- Arequipa, 2011.
36. **Fdz- Polanco, Fernando; Garcia Encina, Pedro.** Tecnología anaerobia en depuración de aguas residuales. Grupo de Biotecnología Ambiental. Departamento de Ingeniería Química – Universidad de Valladolid. España – 1990
37. **Valencia Montoya, Guillermo.** Digestión Aeróbica. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 1990
38. **Vega, Esther Z.** Características Fisiológicas Bacterianas. Colombia -2003.

PÁGINAS WEB

{1} http://www.sanic.org/solucionesverdes/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=61

{2} http://www.infoleche.com/html/equipos/milko_scan_ft120.html

{3} <http://www.piscinasagua.com/agua/alcalinidad-total.html>

{4} <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2006/12/01/53336>

{5} http://www.sinia.cl/1292/articles-49990_08.pdf

{6} [http://es.scribd.com/doc/5203044/Medios-de-Cultivo-y-Pruebas-Bioquimicas\)](http://es.scribd.com/doc/5203044/Medios-de-Cultivo-y-Pruebas-Bioquimicas)

{7} (<http://www.slideshare.net/nataliaizurieta/laboratorio-no-5-pruebas-bioquimicas-8146300>)

{8} <http://www.mcd.com.mx/pdfs/BASE%20DE%20AGAR%20SANGRE.pdf>

{9} <http://www.mcd.com.mx/pdfs/AGAR%20SALMONELLA%20SHIGELLA.pdf>

{10} <http://www.mcd.com.mx/pdfs/AGAR%20TCBS.pdf>

{11} http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/cetrimide.pdf

{12} <http://www.bd.com/resource.aspx?IDX=8794>

{13} <http://www.britanialab.com.ar/esp/productos/b02/bairdparker.htm>

{14} <http://www.joseacortes.com/microbiologia/buscamedios/ficha.php?nombre=Sabouraud+Cloranfenicol%2C+Agar>

{15} <http://www.britanialab.com.ar/esp/productos/b02/nutritivoagar.htm>

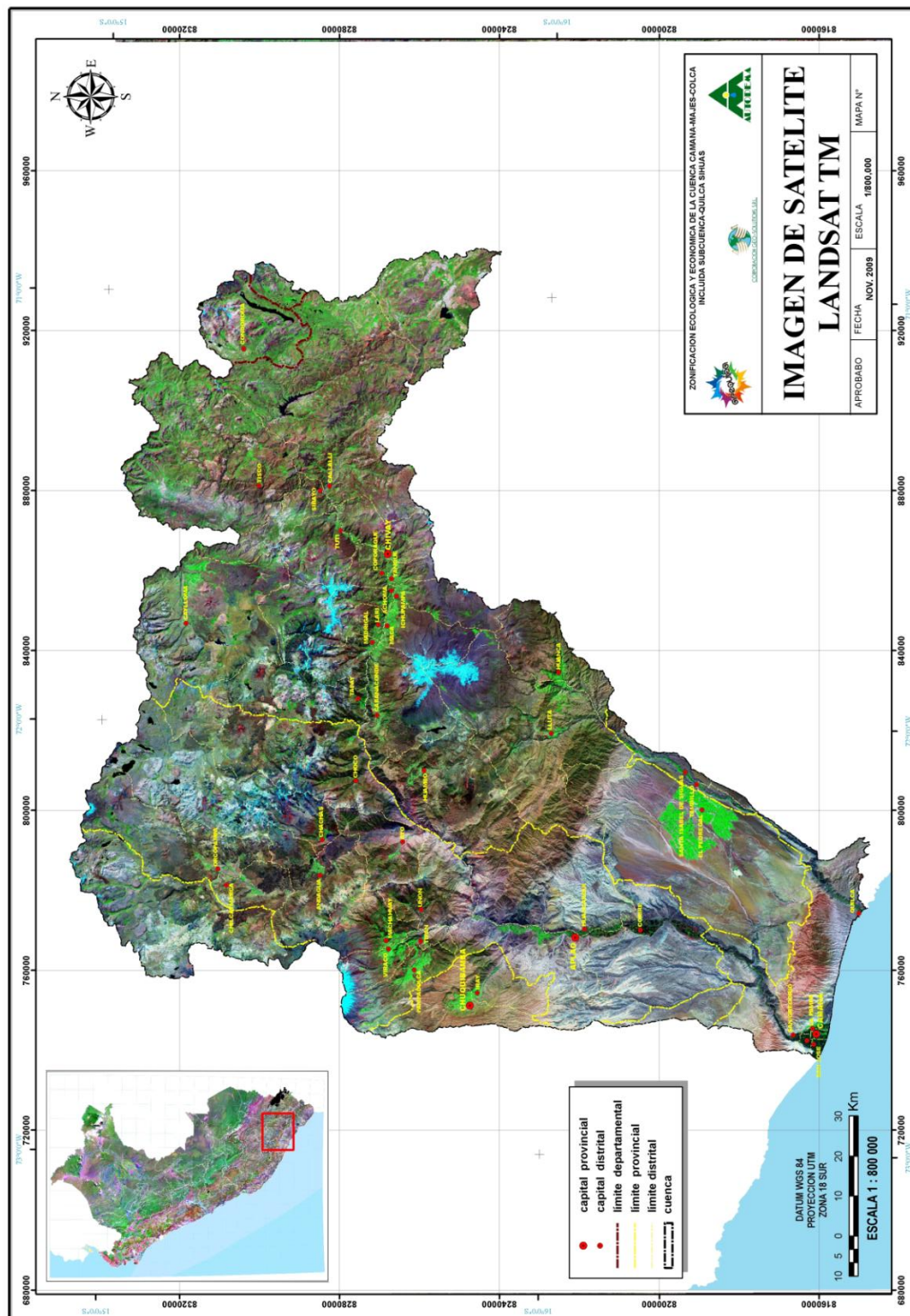
{16} tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/4314/Capitulo6.pdf



ANEXO 1

Planos

Hidrográficos





ANEXO 2

Decreto Supremo N° 002 -
2008 –MINAM, Aprueban
Los Estándares Nacionales
De Calidad Ambiental Para
Agua























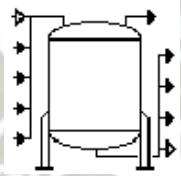

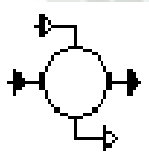
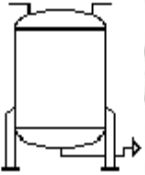




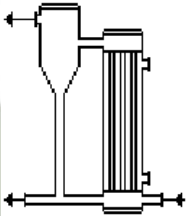
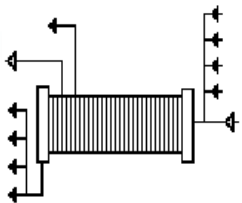


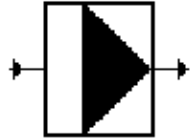

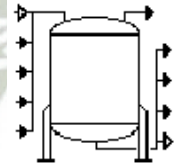
ANEXO 3


BPFDD del DSP

Tabla 32.- BPFD del DSP del proceso simplificado para la concentración de leche fresca en la planta Agroindustrial del Perú S.A.C.

P-1	Se debe almacenar la leche fresca recolectada en un tanque adecuado.		Tanque de almacenamiento	Leche fresca, se almacena en cinco tanques Cada tanque con una capacidad de 5000 kg. Temperatura de 4 a 7°C.	E1: leche fresca
P-2	Este paso se realiza en los separadores: cuarto, quinto y sexto, separador.		Calentador	Precalentamiento a 60°C	S1: leche fresca a 4 a 7°C. S2: leche a 60°C.
P-3	Este paso se realiza en el primer, segundo y tercer separador.		Intercambiador de Calor	Por intercambio de calor se lleva la leche a 83°C.	E2: Agua caliente de caldera S3: leche a 83°C. S4: Agua de caldera
P-4	Se realiza un desnaturalizado de proteínas.		Tanque Holding	Desnaturalizado de proteínas durante 10 a 11 minutos.	E3: carragenina S5: leche 83°C

P-5	Se realiza un último calentamiento de la leche para eliminar microorganismos patógenos.		Calentador	Se calienta la leche a 117°C para realizar un proceso de pasteurización.	S6: leche a 117°C
P-6	Se produce un descenso de temperatura gradual para no dañar la estructura de la leche.		Enfriador	Se termina la pasteurización con un proceso de Flash Cooler.	S7: leche a -80°C
P-7	Se concentra la leche realizando una evaporación.		Evaporador	El proceso de evaporación se realiza en 7 elementos que toman los nombres de "Efectos", que están constituidos por una calandria seguida de un separador	S8: leche evaporada a 45°C S9: agua a $\geq 100^\circ\text{C}$
P-8	Se realiza un filtrado de las proteínas desnaturalizadas.		Filtrado	Se realiza un filtrado para eliminar los sedimentos.	S10: leche evaporada filtrada S11: restos de proteínas desnaturalizadas S12: restos de contaminantes.

P-9	Se debe obtener una mezcla homogénea		Homogenizado	Se homogeniza la leche evaporada filtrada	S13: leche evaporada filtrada a aproximadamente 60°C.
P-10	Se debe enfriar la leche para mantenerla en buen estado.		Enfriador	Se enfría la leche para su conservación.	S14: leche concentrada 3°C.
P-11	Se almacena la leche en espera de su transporte a la plantas procesadoras.		Tanque de almacenamiento	Se conserva la leche a una temperatura de 3°C ± 1°C.	S15: leche para transporte hacia plantas procesadoras.



ANEXO 4

Aspectos Fisicoquímicos y Microbiológicos

ANEXO 4.1.: MEDIOS DE CULTIVO

MEDIO	FUNDAMENTO	COMPOSICIÓN	PREPARACIÓN	INTERPRETACIÓN
Agar sangre	<p>La Base de Agar Sangre generalmente es suplementada con sangre de carnero, conejo o caballo al 5-10% para aislar cultivar y estudiar reacciones hemolíticas de una amplia variedad de microorganismos fastidiosos patógenos.</p> <p>La infusión de músculo de corazón y la peptona de caseína proporcionan la fuente de nitrógeno, carbono, aminoácidos y proteínas. El extracto de levadura provee vitaminas y aminoácidos esenciales. El cloruro de sodio mantiene el balance osmótico y el agar es usado como agente solidificante. Este medio está relativamente libre de azúcares reductores los cuales interfieren en las reacciones hemolíticas de estreptococos. El patrón de las reacciones hemolíticas puede variar dependiendo del tipo de sangre utilizada.⁽⁸⁾</p>	<p>Infusión de músculo de corazón 2.0 g</p> <p>Cloruro de sodio 5.0 g</p> <p>Digerido pancreático de caseína 13.0 g</p> <p>Extracto de levadura 5.0 g</p> <p>Agar 15.0 g</p> <p>pH 7.3 ± 0.2</p>	<p>Suspender 40 g del medio en un litro de agua purificada. Calentar con agitación suave hasta su completa disolución y hervir durante un minuto. Esterilizar en autoclave a 121°C. Enfriar a una temperatura entre 45-50 °C y añadir, sangre estéril y defibrinada al 5%.</p> <p>Homogeneizar y vaciar en placas Petri estériles. Incubar las placas a 35-37 °C por 18-24 y 48 horas en condiciones de aerobiosis, anaerobiosis o bajo atmósfera parcial de CO2 de acuerdo con los procedimientos establecidos por el laboratorio.</p>	<p>Los estreptococos hemolíticos presentan colonias translúcidas u opacas, grises, pequeñas y mucoides con una zona de hemólisis. Otros organismos que pueden producir hemólisis incluyen a Listeria, varias conirebacterias, estafilococcus hemolíticos, E. coli y Pseudomonas.</p> <p>Las colonias de neumococcus aparecen planas, lisas, translúcidas, grisáceas y algunas veces mucoides rodeadas por una pequeña zona verdosa de alfa hemólisis,</p> <p>Las colonias de estafilococcus tienen una apariencia opaca, de color blanco a amarillo y rodeadas de una zona clara por la beta hemólisis. Es importante realizar el examen microscópico.</p>
Agar SS	<p>Es un medio de cultivo selectivo y diferencial.</p> <p>La selectividad, está dada por las sales biliares y el verde brillante, que inhiben el desarrollo de bacterias Gram positivas, de la mayoría de los</p>	<p>Pluripeptona 5.0 g</p> <p>Extracto de carne 5.0 g</p> <p>Lactosa 10.0 g</p> <p>Mezcla de sales biliares 8.5 g</p>	<p>Suspender 60 g del polvo por litro de agua destilada. Reposar 5 minutos y mezclar hasta homogeneizar. Calentar a ebullición durante 2 o 3 minutos. NO ESTERILIZAR</p>	<p>Las enterobacterias pueden ser diferenciadas en base a su capacidad de fermentar la lactosa. Las especies de Salmonella y Shigella son no fermentadoras de la lactosa y forman colonias</p>

<p>coliformes y el desarrollo invasor del Proteusspp. Es diferencial debido a la fermentación de la lactosa, y a la formación de ácido sulfhídrico a partir del tiosulfato de sodio. Los pocos microorganismos fermentadores de lactosa capaces de desarrollar, acidifican el medio haciendo virar al rojo el indicador de pH, obteniéndose colonias rosadas o rojas sobre un fondo rojizo. Salmonella, Shigella y otros microorganismos no fermentadores de lactosa, crecen bien en el medio de cultivo, y producen colonias transparentes. La producción de ácido sulfhídrico se evidencia como colonias con centro negro debido a la formación de sulfuro de hierro. Para aumentar la selectividad, se recomienda incubar previamente la muestra en Selenito caldo.⁽⁹⁾</p>	<p>Citrato de sodio 8.5 g Tiosulfato de sodio 8.5 g Citrato férrico 1.0 g Agar 13.5 g Verde brillante 0.00033 g Rojo neutro 0.025 g pH final: 7.0 ± 0.2</p>	<p>EN AUTOCLAVE. Enfriar a 45-50°C y distribuir unos 20 ml por placa. Secar la superficie del medio unos minutos en la estufa.</p>	<p>incoloras en el Agar SS. Las especies de Salmonella que son productoras de sulfuro de hidrógeno desarrollan colonias con centro obscuro. Los coliformes son parcialmente inhibidos. E. Coli produce colonias de color rosa a rojo y pueden presentar una zona de precipitado. Las colonias de Enterobacter aerogenes son cremosas de color rosa. Citrobacter y Proteusspp. Pueden crecer produciendo colonias con centros de color gris o negro debido a la producción de H₂ S. Enterobacter faecalis es parcialmente inhibido presentando colonias incoloras.</p>	
<p>Agar Nutritivo</p>	<p>Este medio es bastante bueno para el cultivo de gérmenes que no presentan exigencias particulares. No es diferencial. Por las características de sus componentes es un medio usado para el cultivo de microorganismos poco exigentes en sus requerimientos nutricionales. No contiene inhibidores del desarrollo bacteriano. La pluripeptona es la fuente de</p>	<p>Pluripeptona 5.0 g Extracto de carne 3.0 g Cloruro de sodio 8.0 g Agar 15.0 g Agua destilada 1000 ml pH 7.3 ± 0.2</p>	<p>Suspender 31 g de polvo por litro de agua destilada. Mezclar y dejar reposar 5 minutos. Calentar suavemente agitando y hervir 1 o 2 minutos hasta su disolución. Distribuir y esterilizar a 121°C durante 15 minutos. La siembra se puede realizar en</p>	<p>El desarrollo de los microorganismos va ser variado, ya que por ser un medio genérico es decir que se observara una variedad de microorganismos, de diferentes propiedades macroscópicas. Para la identificación de estos, se recomienda tomar colonias definidas para su identificación en</p>

	<p>carbono y nitrógeno para el desarrollo bacteriano. El agregado de cloruro de sodio permite el enriquecimiento con sangre de carnero u otras sustancias para facilitar el cultivo de microorganismos exigentes.⁽¹⁵⁾</p> <p>Este medio de diferenciación permite evidenciar la descarboxilación del aminoácido lisina, la desaminación del mismo y la producción de H₂S. Las reacciones anteriores se ponen de manifiesto mediante el viraje del indicados purpura de bromocresol; y la formación de sulfuro de hidrogeno a partir del tiosulfato sódico, se manifiesta por la formación del sulfuro ferroso.</p> <p>Este medio es más sensible que el TSI para la detección de la producción de H₂S debido a que la precedencia de sacarosa (TSI) se cree suprime los mecanismos enzimáticos responsables de la producción de H₂S.⁽³⁴⁾</p>	<p>Peptona 3.0 g Tiosulfato de sodio 0.04 g Extracto de levadura 3.0 g Purpura de bromocresol 0.02 g Citrato amonio férrico 0.5 g Dextrosa 1.0 g Agar – agar 15.0 g Lisina 10.0 g Agua destilada 1000 ml</p>	<p>superficie o por la técnica de pour plate, según el uso a que se destine. La incubación se da en aerobiosis, a 35-37 °C durante 24 horas.</p>	<p>medio selectivos.</p> <p>El desarrollo de un color amarillo en el fondo del tubo indica que el organismo es viable y que el pH del medio ha disminuido lo suficiente para activar la descarboxilasa. El retorno a un color azul purpura del tubo indica que contiene aminoácido y es una reacción positiva debida la liberación de aminas por descarboxilación (se ha formado la cadaverina). Se lee como K/K y se interpreta Lisina Positiva. La desaminación empieza en la parte inclinada, variando esta porción al color rojo vino. El fondo se tornara amarillo. Se lee como R/A y es Lisina Negativa. Se puede observar un ennegrecimiento en el medio debido a la producción de H₂S.</p>
<p>Agar LIA</p> <p>Agar McConkey</p>	<p>Este medio contiene el colorante violeta cristal para inhibir el crecimiento de las bacterias gram positivas y de los hongos, mientras</p>	<p>Peptona de caseína 17.0 g Rojo neutro 0.03 g Peptona de 3.0 g</p>	<p>Siembra por agotamiento, incubación a 37°C durante 24 horas.</p>	<p>Los típicos fermentadores de lactosa, tales como E. Coli, Klebsiella y Enterobacter, forman colonias rojas.</p>

que permite el desarrollo de muchos tipos de bacilos gram negativos el indicador de pH rojo neutro le otorga a este medio su propiedad diferencial. La fermentación bacteriana de la lactosa produce la formación de ácido que disminuye el pH del medio y hace que el indicador rojo neutro le confiera a las colonias bacterianas un color rosa a rojo. Las bacterias no fermentadoras de la lactosa, como las especies de *Shigella*, permanecen incoloras y traslucidas.⁽³³⁾

carne
Cristal violeta 0.001 g
Lactosa 10.0 g
Sales biliares 1.5 g
Cloruro de sodio 5.0 g
Agar – agar 12.5 g

Los no fermentadores de lactosa, tales como *salmonella Shigella* y *Proteus*, forman colonias incoloras o transparentes.

Agar TCBS

El Agar TCBS, por las iniciales de Tiosulfato-Citrato-Bilis-Sacarosa. En el Agar TCBS crecen todas las especies de *Vibrio* patógenas para el humano excepto *V. Hollisae*. Las muestras pueden ser de materiales tanto clínicos como no clínicos. El Agar TCBS es altamente selectivo para las especies de *Vibrio* debido a sus componentes nutricionales y a la alta concentración de sales y es ampliamente utilizado en placa para el primer aislamiento. En este medio el extracto de levadura y las peptonas proporcionan la fuente de nitrógeno, vitaminas y aminoácidos. El citrato de sodio, el tiosulfato de sodio y la

Tiosulfato 10 g/l
Sódico
Extracto de levadura 5 g/l
Citrato férrico 1 g/l
Citrato sódico 10 g/l
Bilis de vaca 5 g/l
Peptonas 10 g/l
Sacarosa 20 g/l
Azul de Timol 0,04 g/l
Azul de 196 0,04 g/l
Bromotimol
pH 8,6 ± 0.2

Es un medio utilizado para el cultivo y aislamiento selectivo de *Vibrio cholerae* y otros vibrios entero patógenos. Las colonias de *Vibrio* son grandes, de color amarillo o azul. Este medio inhibe selectivamente enterobacterias, aunque algunas pueden crecer dando pequeñas colonias. Después de 18 a 24 horas de incubación, la sacarosa es fermentada por los vibrios que dan colonias de tamaño mediano, lisas, opacas, de color amarillo. *V. vulnificus* no fermenta la sacarosa presentando una coloración verde.

bilis actúan como agentes inhibidores de microorganismos Gram positivos y coliformes dando alcalinidad al medio. La sacarosa es el carbohidrato fermentable. El cloruro de sodio promueve el crecimiento. El tiosulfato de sodio es la fuente de sulfuro y el citrato de hierro es un indicador para detectar la producción de H₂S. El azul de timol y de bromotimol actúan como indicadores de pH. El agar bacteriológico es agregado como agente solidificante.^{10}

Agar EMB

Este medio combina las fórmulas de Holt-Harris y Teague con la de Levine, para obtener un mejor rendimiento en el aislamiento selectivo de enterobacterias y otras especies de bacilos Gram negativos. La diferenciación entre organismos capaces de utilizar la lactosa y/o sacarosa, y aquellos que son incapaces de hacerlo, está dada por los indicadores eosina y azul de metileno; éstos ejercen un efecto inhibitorio sobre muchas bacterias Gram positivas. Muchas cepas de *Escherichiacoli* y *Citrobacterspp.* presentan un característico brillo metálico. Las cepas que utilizan la lactosa poseen centro oscuro con

Peptona	10.0 g
Lactosa	5.0 g
Sacarosa	5.0 g
Fosfato dipotásico	2.0 g
Agar	13.5 g
Eosina	0.4 g
Azul de metileno	0.065 g
pH	7.2 ± 0.2

Suspender 36 g del polvo en un litro de agua destilada. Reposar 5 minutos; mezclar, calentando a ebullición durante 1 o 2 minutos hasta su disolución. Esterilizar en autoclave a no más de 121°C durante 15 minutos. Enfriar a 45°C y distribuir agitando suavemente. Se siembra en superficie, por estriado a partir de un inóculo poco denso, para obtener colonias aisladas. En profundidad, para favorecer el desarrollo de clamidosporas. Se incuba de 24 a 48 horas a

En la observación de microorganismos las colonias de *E. Coli* presentaran un color verde con brillo metálico y centro azulado, las colonias de *Proteus* se presentan incoloras, *Klebsiella* presenta mucosa y colonias rosa purpura, los *Enterococcus fecalis* se observan como colonias pequeñas incoloras, al igual que la *Salmonella* y *Shiguella*.

periferia azulada o rosada, mientras que las que no lo hacen son incoloras. Este medio permite el crecimiento de *Candidasp.* como colonias rosadas y puntiformes; la siembra en profundidad permite el desarrollo de clamidosporas en *C. albicans*. *Enterococcuspp.* crece en este medio como colonias puntiformes y transparentes, mientras que *Acinetobacterspp.* y otras bacterias oxidativas pueden dar colonias de color azul lavanda; esto puede ocurrir aunque las cepas no sean capaces de acidificar a partir de lactosa al 0.5% y ello se debe a la incorporación de azul de metileno a sus membranas. En este medio se obtiene además, un buen desarrollo de especies de *Salmonella* y *Shigella*.⁽³⁴⁾

35-37 °C, en aerobiosis.

**Agar TSI
(Merck)**

El agar TSI se usa para determinar si el bacilo gramnegativo utiliza la lactosa, glucosa y sacarosa de manera fermentativa y forma sulfuro de hidrogeno (H₂S). El TSI contiene 10 partes de lactosa, 1 parte de glucosa, y peptona. El rojo fenol y el sulfato ferroso funcionan como indicadores de acidificación y formación de H₂S respectivamente. Cuando un

Extracto de carne	3.0 g
Pluripeptina	20.0 g
NaCl	5.0 g
Glucosa	10.0 g
Galactosa	10.0 g
Sacarosa	10.0 g
Sulfato de hierro y amonio	0.2 g
Rojo fenol	0.025 g
Agar agar	13.3 g

Pico de flauta alcalino/sin cambios en el fondo (K/NC) = no utilizador de glucosa, lactosa y sacarosa; esto también puede registrarse como K/K (pico de flauta alcalino/fondo alcalino). Pico de flauta ácido/fondo alcalino (K/A) = solo fermentación de la glucosa. Pico de flauta ácido/fondo ácido

microorganismo fermentador utiliza glucosa, todo el medio se acidifica (amarillo) en 8 a 12 horas. El fondo del tubo permanece ácido después del periodo de incubación recomendado de 18 a 24 horas, debido a la presencia de ácidos orgánicos que son resultado de la fermentación de la glucosa en las condiciones anaerobias del fondo del tubo. Sin embargo el pico de flauta revierte al estado alcalino (rojo) debido a la oxidación de los productos de fermentación en las condiciones aerobias del pico de flauta. Este cambio es resultado de la formación de CO₂ y H₂O así como de la oxidación de las peptonas a aminas alcalinas. Cuando además de la glucosa fermentan la lactosa o la sacarosa, o ambas, la gran cantidad de productos de fermentación formada en el pico de flauta neutraliza las aminas alcalinas y el exceso hace virar a ácido (amarillo). La producción de H₂S requiere un medio ácido y se manifiesta por un color negro del medio en el tubo.⁽³³⁾

Agua destilada 1000 ml

(A/A) = fermentador de glucosa, sacarosa o lactosa.

Nota: un precipitado negro en el fondo indica la producción de H₂S y sulfuro ferroso.

Las burbujas o las grietas en el tubo indican la producción de CO₂ o H₂. Si se dibuja un círculo alrededor de la A para el fondo ácido, es decir A/A, por lo general indica que el microorganismo fermenta glucosa, sacarosa y lactosa, o glucosa, sacarosa y lactosa, con producción de gas.

**Agar
Cetrimide**

En Cetrimide Agar, la peptona sirve como fuente de nitrógeno, y el glicerol se utiliza como fuente de

Digerido
pancreatico
Cloruro de

20.0 g
1.4 g

Suspender los ingredientes en el agua destilada. Añadir 10 ml de glicerina y calentar

Examinar si las placas presentan crecimiento y la pigmentación de verde azulada a verde

<p>carbono y energía. La producción de piocianina se estimula mediante el cloruro de magnesio y el sulfato potásico en el medio. La cetrimida (bromuro de cetil trimetil amonio) es un compuesto de amonio cuaternario que inhibe una amplia variedad de otros organismos, incluidos otras determinadas especies de <i>Pseudomonas</i> y organismos relacionados.^{{11} {12}}</p>	<p>magnesio Sulfato de potasio 10.0 g Agar 13.6 g Cetrimide 0.3 g Glicerina 10.0 ml Agua destilada 1000 ml pH 7.2 ±0.2</p>	<p>agitando frecuentemente y dejar hervir hasta disolver completamente. Esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 min. Enfriar entre 45°C y 50°C, colocar 20 ml de medio por cada placa y dejar solidificar.</p>	<p>característica alrededor del crecimiento. La fluorescencia puede detectarse bajo luz UV (254 nm). La presencia de piocianina puede confirmarse extrayéndola con cloroformo. <i>P. aeruginosa</i> por lo general produce piocianina y fluoresceína. Puede observarse una variación tanto en la morfología de colonias como en la formación del pigmento de una cepa a otra.</p>	
<p>Agar BP</p>	<p>En el medio de cultivo preparado y completo la peptona y el extracto de carne constituyen la fuente de carbono y nitrógeno, el extracto de levadura aporta vitaminas del complejo B, la glicina y el piruvato estimulan el crecimiento de los estafilococos. Este medio de cultivo es selectivo y diferencial debido al telurito de potasio y al cloruro de litio, los cuales inhiben el desarrollo de la flora acompañante. La yema de huevo permite demostrar la actividad lecitinasica. Los estafilococos coagulasa positiva reducen el telurito a telurio y originan colonias de color grisáceo-negro, y dan reacción sobre la yema de huevo produciendo alrededor de la colonia una zona opaca que a menudo tiene una zona</p>	<p>Peptona de caseína 10.0 g Extracto de carne 5.0 g Extracto de levadura 1.0 g Cloruro de litio 5.0 g Agar 17.0 g Glicina 12.0 g Piruvato de sodio 10.0 g pH 6.8 ± 0.2</p>	<p>Suspender 60 g del medio deshidratado en 940ml de agua destilada. Dejar en reposo 5 a 10 minutos. Calentar agitando frecuentemente y hervir durante 1 minuto. Distribuir y esterilizar en autoclave a 121°C (15 libras) durante 15 minutos. Enfriar a 45°-50°C y agregar 50 ml de la emulsión de yema de huevo y 10ml de la solución de telurito. Homogeneizar y distribuir en cajas de Petri. Dejar secar la superficie de la placa preparada y extender 0.1 ml de la dilución de la muestra a analizar. La incubación se realiza</p>	<p>Los estafilococos coagulasa positivos (<i>Staphylococcus aureus</i>) producen colonias brillantes, convexas, de color gris oscuro a negro, con o sin una zona opaca alrededor de las colonias. Los estafilococos con resultado negativo a la coagulasa producen crecimiento débil o nulo, con colonias de color gris a negro, habitualmente sin zonas transparentes ni opacas. A menudo se inhiben los organismos diferentes de los estafilococos. Si se produce crecimiento, las colonias pueden adquirir un color de marrón a gris o volverse incoloras, sin zonas transparentes ni opacas.</p>

clara más externa. Se pueden encontrar cepas no lipolíticas, que presentan igual características de colonias pero sin la zona opaca y clara. Se debe confirmar la presencia de *S. aureus* mediante pruebas bioquímicas.^{13}

durante 24-48 horas a 35-37 °C, en aerobiosis.

Agar Mueller Hinton

Infusión de carne	300.0 g
Peptona ácida de caseína	17.5 g
Almidón	1.5 g
Agar	15.0 g
pH	7.3 ± 0.1

Suspender 37 g del medio deshidratado en un litro de agua destilada. Dejar embeber de 10 a 15 minutos. Calentar con agitación frecuente y hervir durante 1 minuto. Esterilizar a 121°C durante 15 minutos. Enfriar a 45°-50°C y distribuir a cajas de Petri (o agregar los suplementos que se desee) hasta un nivel de 4 mm sobre una superficie horizontal (25-30 ml en placas de 9 cm de diámetro).

Caldo Lactosado

El Caldo Lactosado frecuentemente es utilizado como un medio de pre-enriquecimiento en la búsqueda de Salmonella en alimentos y derivados lácteos. En alimentos deshidratados o procesados pueden encontrarse salmonellas dañadas y en bajo número; adicionalmente, la presencia de otras bacterias o componentes de los alimentos puede enmascarar el

Peptona de Gelatina	5.0
Extracto de Carne	3.0
Lactosa	5.0
pH	6.9 ± 0.2

Suspender 13 g del medio en un litro de agua purificada. Calentar con agitación suave hasta su completa disolución y hervir durante un minuto. Dispensar en tubos con campanas de Durham. Esterilizar en autoclave a 121°C (15 libras de presión) durante 15 minutos. Dejar

Después de incubar a 35 °C por 18 a 24 horas, examinar en los tubos la presencia de turbidez y formación de gas en la campana de Durham. La turbidez y presencia de gas en cualquier cantidad, es una prueba presuntiva positiva de la presencia de coliformes en la muestra. El resultado deberá ser confirmado

crecimiento y recuperación de las mismas. El preenriquecimiento en un medio no selectivo como el Caldo Lactosado, permite reparar el daño celular y diluir las sustancias tóxicas e inhibitorias proporcionando factores nutricionales especialmente para el desarrollo de Salmonella. El Caldo Lactosado está incluido en varios procedimientos de los Métodos Estándar para el análisis de alimentos, lácteos y otros materiales. En este medio el extracto de carne y la peptona proporcionan la fuente de carbono y nitrógeno. La lactosa es el carbohidrato fermentable.

enfriar lo más pronto posible. con las pruebas adicionales recomendadas por los Métodos Estándar.

Agar Sabouraud + Cloranfenicol

El agar Sabouraud + Cloranfenicol es un tipo de medio selectivo para el aislamiento selectivo de hongos, Agar Sabouraud con antibióticos (cloramfenicol y cicloheximida): es ideal para inhibir el desarrollo de bacterias contaminantes pero pueden también ser inhibidas algunas especies de hongos, por ejemplo *Candida* spp.⁽¹⁴⁾

D-Glucosa	40.0 g
Peptona de caseína	5.0 g
Peptona de carne	5.0 g
Cloranfenicol	0.5 g
Agar-agar	15.0 g
Agua destilada	1000 ml
pH	5.6 ± 0.2

Suspender 65 g del polvo por litro de agua destilada. Reposar 5 minutos y mezclar hasta uniformar. Calentar agitando frecuentemente y hervir 1 minuto hasta disolver. Distribuir y esterilizar 15 minutos a 118-121°C. Mantener en lugar fresco, pues la exposición al calor hidroliza los componentes. Distribuir en placas o en tubos con cierre hermético

Prueba Catalasa

Detecta presencia de catalasa o peroxidasa que rompe el peróxido

Agua Oxigenada 1 ml

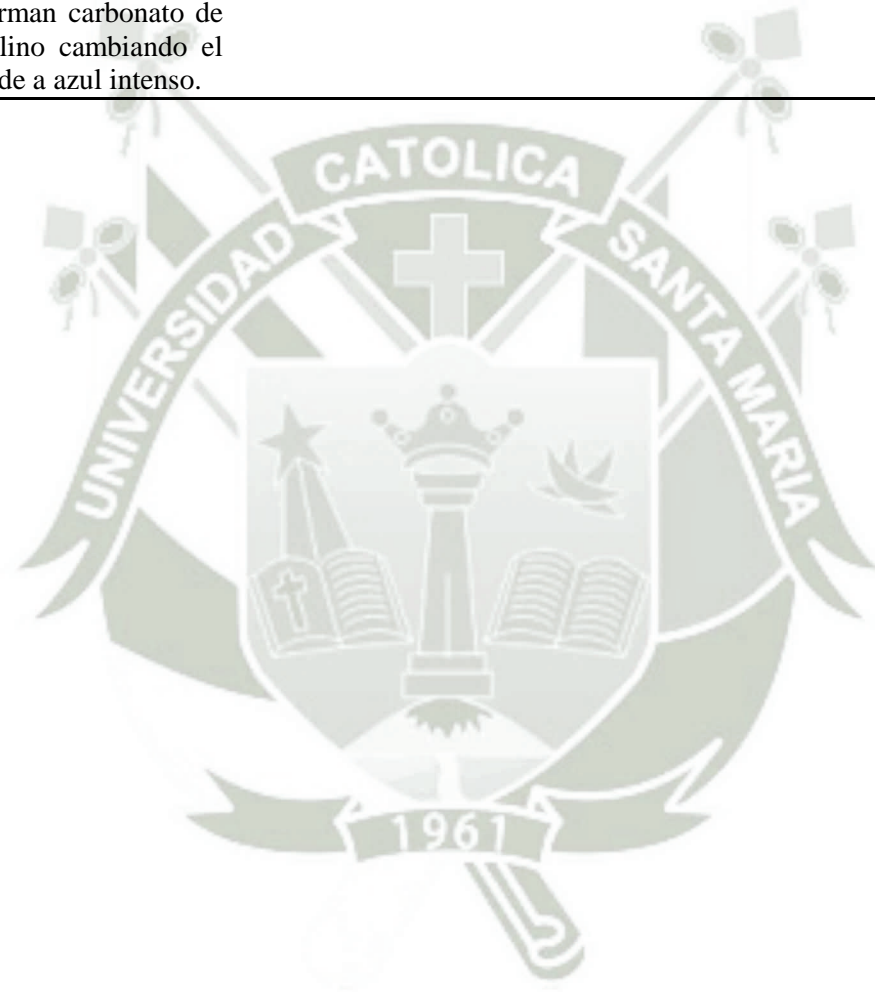
Se añaden gotas de agua oxigenada a las colonias del

La reacción positiva se determina con la presencia de burbujas al

	enagua y O ₂ . ⁽³⁸⁾	microorganismo que se quiere analizar.	hacer la reacción.
Prueba Oxidasa	<p>Prueba representativa de los procesos aeróbicos propios de bacterias oxidativas. Bacterias oxidativas energía a partir de compuestos orgánicos utilizando oxígeno y liberando CO₂ y agua.</p> <p>Las oxidasas son enzimas importantes en la cadena de transporte de electrones durante respiración aeróbica.</p> <p>Prueba importante para distinguir ciertos grupos de bacterias, requiere el uso de tetra metilp fenil endiamina que reaccionan hacia un color azul oscuro al reaccionar con lácitocromo c oxidada.</p>		Las enterobacterias son oxidasa negativa
Prueba Indol	<p>Hidrólisis de triptófano produciendo indol, ácido pirúvico y amoníaco. El indol se acumula en el medio porque no es útil a la bacteria.⁽³⁸⁾</p> <p>La prueba de indol está basada en la formación de un complejo rojo cuando el indol reacciona con el grupo p dimetil amino benzoaldehido.⁽³⁴⁾</p>	<p>Inocular el caldo peptonado con el organismo en estudio a incubar a 37°C durante 18 a 24 horas. Al finalizar este periodo añadir 5 gotas del reactivo por la pared del tubo.⁽³⁴⁾</p> <p>Se añade reactivo de Kovac que reacciona con el indolproduciendo un compuesto rojizo-rosado.⁽³⁸⁾</p>	
Prueba Voges Proskauer	<p>Producción de alcohol y 2,3 butanodiol en lugar de ácida a partir de un azúcar. Especies de</p>		

	<p>Enterobacter y Serratia y algunas Grampositivo como Bacillus</p> <p>Se mide acetoína que es un precursor de 2,3 butanodiol. Luego de período de incubación se añade el reactivo de Barrit: alfa-naftol 5% y KOH 40% en alcohol absoluto</p> <p>Prueba positiva es la formación de un complejo rojo rosado.⁽³⁸⁾</p>			
Prueba Rojo Metilo	<p>El rojo de metilo es un indicador de pH con un intervalo entre 6.0 (amarillo) y 4.4 (rojo). El pH al cual el rojo de metilo detecta es considerablemente menor que el de otros indicadores utilizados en medios de cultivo bacteriológicos. Por ende, a fin de provocar un cambio de color, el organismo en estudio debe producir grandes cantidades de ácido a partir del sustrato hidrocarbonado que emplea.⁽³⁴⁾</p>	<p>Caldo MRVP 15 ml</p> <p>Reactivo rojo de metilo 5 gotas</p>	<p>Inocular el caldo MRVP con un cultivo puro del microorganismo en estudio. Incubar el caldo a 37°C durante 24 horas, finalizado este periodo añadir 5 gotas del reactivo rojo de metilo.</p>	<p>El desarrollo de un color rojo estable en la superficie del medio indica que la producción de ácido es suficiente como para bajar el pH a 4.4 y es una prueba positiva.⁽³⁴⁾</p>
Prueba Citrato	<p>Algunas bacterias pueden utilizar citrato como única fuente de carbono en condiciones aeróbicas</p> <p>La permeasa de citrato permite el transporte de citrato al interior de la célula y la enzima citrasa convierte el citrato en ácido pirúvico y CO₂</p> <p>Medio contiene citrato de sodio, sales de amonio y azul bromotimol como indicador de pH</p>			

El CO₂ liberado se combina con el sodio y agua y forman carbonato de sodio que es alcalino cambiando el bromotimol de verde a azul intenso.



ANEXO 4.2.: PREPARACIÓN DE REACTIVOS

** Todas las soluciones y disoluciones se prepararon con agua destilada.

PARÁMETRO	SOLUCIONES / DISOLUCIONES	REACTIVOS	PREPARACIÓN
Alcalinidad total	Solución Clorhídrico 0.1N	Ácido Clorhídrico Concentrado	Diluir 8,3 mL de ácido clorhídrico concentrado en 1L con agua destilada. Agite por un minuto para homogenizar.
Cloruro	Solución Cromato de potasio al 10%	Cromato de potasio	Pesar 10 g de cromato de potasio y enrazar en un fiola de 100 ml. Agitar hasta que se diluya. Colocar en un frasco ámbar para protegerla de la luz.
	Solución Nitrato de Plata 0.1 N	Nitrato de Plata	Moler aproximadamente 5,0 g de cristales de nitrato de plata y secar a 100°C durante 2 h. Pesar aproximadamente y con precisión 2,4 g de los cristales pulverizados de nitrato de plata disolverlos en aproximadamente 1 L. Valorar contra la disolución patrón de cloruro de sodio 0,1.
	Solución Ácido sulfúrico 0,1N.	Ácido Sulfúrico	Tomar cuidadosamente 3 mL de ácido sulfúrico concentrado y llevar a 1 L.
DBO5	Disolución amortiguadora de fosfato.	Fosfato monobásico de potasio (KH_2PO_4) Fosfato dibásico de potasio (K_2HPO_4) Fosfato dibásico de sodio heptahidratado ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) Cloruro de amonio (NH_4Cl)	Pesar aproximadamente 8,5 g de fosfato monobásico de potasio, 21,75 g de fosfato dibásico de potasio, 33,4 g de fosfato dibásico de sodio heptahidratado y 1,7 g de cloruro de amonio, disolver en 500 mL de agua y aforar a 1 L. El pH de la disolución debe ser de 7,2. Desechar el reactivo (o cualquiera de los siguientes reactivos) si hay algún signo de crecimiento biológico en el frasco de almacenamiento.

Disolución de sulfato de magnesio.	Sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	Pesar aproximadamente 22,5 g de sulfato de magnesio heptahidratado disolver en agua y diluir a 1 L.
Disolución de cloruro de calcio	Cloruro de calcio anhidro (CaCl_2)	Pesar aproximadamente 27,5 g de cloruro de calcio anhidro disolver en agua y diluir a 1 L.
Disolución de cloruro férrico	Cloruro férrico hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	Pesar aproximadamente 0,25 g de cloruro férrico hexahidratado, disolver en agua y diluir a 1 L.
Disolución de ácido sulfúrico (0,1N)	Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)	Agregar aproximadamente 2,8 mL de ácido sulfúrico concentrado a 500 mL de agua, mezclar bien y diluir hasta 1 L.
Disolución de hidróxido de sodio (0,1N)	Hidróxido de sodio (NaOH)	Pesar aproximadamente 4,0 g de hidróxido de sodio, disolver en agua y diluir a 1 L.
Disolución de sulfito de sodio	Sulfito de sodio (Na_2SO_3)	Pesar aproximadamente 1,575 g de sulfito de sodio, disolver en agua y diluir a 1 L. Esta disolución no es estable; por lo que debe prepararse diariamente.
Disolución patrón de glucosa-ácido glutámico.	2-cloro-6 (triclorometil) piridina grado patrón primario ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) Ácido glutámico grado patrón primario ($\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$)	Secar glucosa y ácido glutámico a 103°C durante una hora. Pesar aproximadamente y con precisión 150,0 mg de glucosa y 150,0 mg de ácido glutámico, diluir en agua y aforar a 1 L. Preparar inmediatamente antes de usarla. Esta disolución tiene una DBO5 de 198 mg/L.
Disolución de cloruro de amonio.	Cloruro de amonio (NH_4Cl) Disolución de hidróxido de sodio (0,1N)	Pesar aproximadamente 1,15 g de cloruro de amonio y disolver en 500 mL de agua, ajustar el pH a 7,2 con disolución de hidróxido de sodio y aforar a 1 L. La disolución contiene 0,3 mg N/mL.
DQO	Disolución estándar de dicromato de potasio (para concentraciones altas), (0,041 7 M).	Pesar aproximadamente y con precisión 12,259 g de dicromato de potasio previamente secado durante 2 h a $105^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, disolver y aforar a 1 L con agua y homogeneizar.
	Solución de ácido	Sulfato de plata (Ag_2SO_4) Disolver cristales o polvo de sulfato de plata, en ácido sulfúrico

sulfúrico-sulfato de plata.	Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)	concentrado en una relación 5,5 g Ag_2SO_4 /Kg H_2SO_4 . Se requieren de 1 a 2 días para que se disuelva completamente el sulfato de plata.
Solución indicadora de 1,10-fenantrolina.	1,10 fenantrolina ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$) Sulfato ferroso amoniacal hexahidratado ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	Pesar aproximadamente y con precisión 1,485 g de 1,10-fenantrolina y aproximadamente 0,695 g de sulfato ferroso heptahidratado, diluir y aforar a 100 mL con agua y homogeneizar.
Disolución de sulfato ferroso amoniacal (0,25 M)	– Sulfato ferroso amoniacal hexahidratado ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) – Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) – 1,10 fenantrolina ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$)	Disolver en aproximadamente 800 mL de agua aproximadamente 98,0 g de sulfato ferroso amoniacal hexahidratado, agregar cuidadosamente 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, enfriar, llevar a 1 L con agua y homogeneizar. Normalización de la disolución de sulfato ferroso amoniacal (0,25 M). Tomar una alícuota de 10 mL de la disolución estándar de dicromato de potasio 0,041 7 M. Diluir con agua hasta 100 mL, agregar cuidadosamente 30 mL de ácido sulfúrico concentrado y homogeneizar, enfriar y valorar con la disolución de sulfato ferroso amoniacal 0,25 M, utilizando 3 gotas de 1,10-fenantrolina como indicador, hasta el cambio de color de azul verdoso a café rojizo. Esta disolución debe normalizarse cada vez que se utilice.
Disolución de sulfato ferroso amoniacal (0,025 M).	Disolución de sulfato ferroso amoniacal (0,25 M)	Diluir 100 mL de la disolución de sulfato ferroso amoniacal 0,25 M a 1 L.
Solución estándar de biftalato de potasio (500 mg O_2 /mL).	Biftalato de potasio patrón primario ($\text{HOCC}_6\text{H}_4\text{COOK}$) Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	Pesar aproximadamente y con precisión 0,425 g de biftalato de potasio patrón primario previamente secado a 120°C durante 2 h, disolver y aforar a 1 L con agua. El biftalato tiene una DQO teórica de 1,176 mg O_2 /mg de Biftalato, por lo que la DQO teórica de esta disolución es de 500 mg O_2 /mL. Esta disolución es estable hasta por 3 meses si se mantiene en refrigeración y en ausencia de crecimiento biológico visible.

ANEXO 4.3.: TABLA NMP

Numero de tubos que dan reacción positiva				Límite de confianza del 95%	
3 tubos de 10 ml	3 tubos de 1 ml	3 tubos de 0,1 ml	NMP	Límite inferior	Límite superior
0	0	1	3	<0.5	9
0	1	0	3	<0.5	13
1	0	0	4	<0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	36
2	1	1	15	3	37
2	1	1	20	7	44
2	2	0	21	4	89
2	2	1	28	10	47
3	0	0	23	4	149
3	0	1	39	7	120
3	0	2	64	15	130
3	1	0	43	7	379
3	1	1	75	14	210
3	1	2	120	30	230
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1.300
3	3	1	460	71	2.400
3	3	2	1.100	150	4.800
3	3	3	>2.400	-	-



ANEXO 5

Tablas de Resultados

Tabla 33.- Monitoreo en MilkoScan para muestras de leche Fresca

Nº Muestra	Grasa	Proteína	Lactosa	S.T	FPD	Densidad
1	0.15	-0.45	0.18	1.68	0.009	1001.8
2	0.24	-0.37	0.32	2.52	0.025	1002
3	0.17	-0.46	0.2	1.82	0.019	1001.9
4	0.13	-0.33	0.13	1.73	0.012	1001.8
5	0.08	-0.61	0.02	1.27	0.023	100.9
6	0.06	-0.54	0.05	1.3	0.015	1001.3
7	0.07	-0.6	0.05	1.28	0.02	1001.2
8	0.12	-0.5	0.55	1.55	0.015	1001.5

Tabla 34.- Monitoreo en MilkoScan para muestras de leche Concentrada

Nº Muestra	Grasa	Proteína	Lactosa	S.T	FPD	Densidad
1	2.95	3.75	1.99	10.22	0.5	1025.5
2	0.95	1.28	0.22	4.22	0.46	1009.6
3	1.16	1.47	0.78	5.60	0.33	1010.4
4	2.1	2.67	1.42	8.66	0.32	1020.3
5	1.55	1.97	1.05	6.79	0.21	1010.1
6	1.96	2.49	1.32	7.10	0.25	1015.3
7	1.67	2.12	1.13	6.32	0.39	1013.1
8	1.15	1.46	0.78	4.98	0.47	1009.1

Tabla 35.- Comparación del monitoreo de grasa en ambas muestras (leche fresca, leche concentrada).

Nº muestra	Fresca	Concentrada
1	0.15	2.95
2	0.24	0.95
3	0.17	1.16
4	0.13	2.1
5	0.08	1.55
6	0.06	1.96
7	0.07	1.67
8	0.12	1.15
PROMEDIO	0.1275	1.68625

Tabla 36.-Monitoreo del pH durante la activación del lodo.

HORAS	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
00:00	9.13	8.05	7.1	7.8	7.23	7.77	6.8
00:30	8.37	8.15	7.12	7.44	6.99	7.66	6.77
01:00	8.32	8.16	7.25	7.31	6.72	7.78	6.53
01:30	8.33	8.2	7.43	7.25	6.5	7.9	6.21
02:00	8.31	8.21	7.51	7.08	6.38	8.01	5.8
02:30	8.33	8.23	7.46	6.84	6.35	7.87	5.9
03:00	8.27	8.25	7.52	7.08	6.29	7.66	6
03:30	8.19	8.28	7.68	7.17	6.27	7.55	6.13
04:00	8.07	8.33	7.6	7.28	6.18	7.38	6.1
04:30	7.96	8.32	7.55	7.37	6.05	7.24	6.12
05:00	7.94	8.26	7.5	7.47	5.97	7.19	6.15
05:30	7.9	8.3	7.49	7.51	5.88	7.12	6.16
06:00	7.88	8.32	7.47	7.64	5.74	7.09	6.18
06:30	7.83	8.34	7.45	7.73	5.6	7.05	6.18
07:00	7.7	8.39	7.41	7.71	5.55	6.98	6.16
07:30	7.5	8.43	7.38	7.52	5.53	6.87	6.17
08:00	7.45	8.45	7.23	7.43	5.47	6.78	6.17

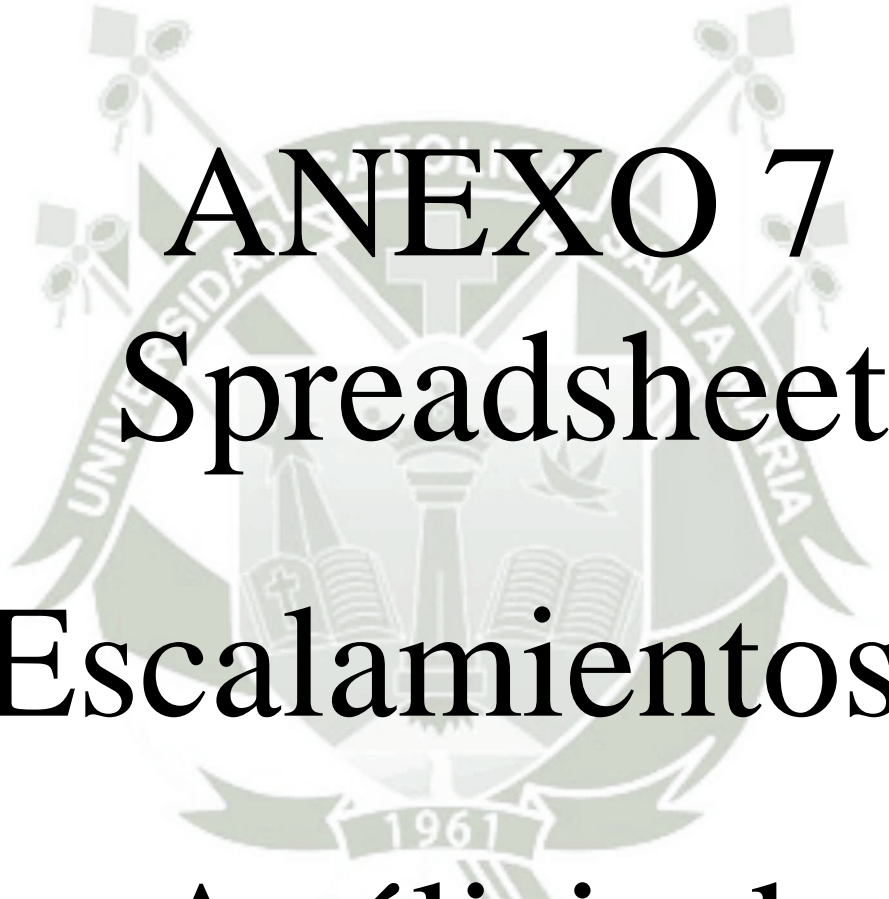


ANEXO 6

Planos Layout

del SBR - Reactor

Biológico Secuencial



ANEXO 7

Spreadsheet

Escalamientos y

Análisis de

costos

SPREADSHEET PARA EL DISEÑO DEL BIOREACTOR SBR CON FACTO DE ESCALA

P.P ING BIOTECNOLOGICA-FACULTAD FARMACIA Y BIOQUIMICA .U.C.S.M

Factor de escala		=	100	valor Calculado			Valor Conocido				
Valores de Diseño SBR				Área Reactor			Longitud de la Pendiente Cono Inicial				
Volumen	=	450	L	AR	=	2604,69836	cm ²	Sen Angulo	=	0,5	
	=	450000	ml		=	0,26046984	m ²	LP	=	16,6242936	cm
	=	0,45	m ³	Área Head Plate			Área Cono Inicial				
T.R.H.	=	8	hrs	Ao	=	3378,63887	cm ²	Ac	=	957,363845	cm ²
	=	0,333333333	dia		=	0,33786389	m ²	Volumen Cono Inicial			
	=	480	min	Carga Hidráulica			Vc	=	28867,5135	cm ³	
Caudal	=	1350	L/día	CH	=	0,00359927	m/min	Área del Cono Total			
	=	937,5	ml/min					Act	=	956,898241	cm ²
	=	0,0009375	m ³ /min					Volumen Cono Total			
Diseño Cilindro				Ancho de la Abertura			Vct	=	28867,2038	cm ³	
Grosor material	=	40	mm	Altura tope y un Ht	=	1,27	cm				
	=	4	cm	Radio tubería	=	0,635	cm				
Dinterno	=	0,575882422	m				Altura Cono Secundario				
	=	57,58824222	cm				Cos Angulo	=	0,8660254		
Dexterno	=	65,58824222	cm	Base Reactor			H	=	0,73323484	cm	
	=	0,655882422	m	Lado	=	57,5882422	cm	Longitud de la Pendiente Cono Secundario			
H	=	172,7647267	cm		=	0,57588242	m	Sen Angulo	=	0,5	
	=	1,727647267	m	Angulo de inclinación	=	30	°	LP	=	0,36661742	cm
Rinterno	=	28,79412111	cm		=	0,52359878	RAD	Área Cono Secundario			
	=	0,287941211	m	Altura Cono Inicial			Ac	=	0,46560412	cm ²	
Rexterno	=	32,79412111	cm	Cos Angulo	=	0,8660254		Volumen Cono Secundario			
	=	0,327941211	m	H	=	33,2485871	cm	Vc	=	0,30961292	cm ³

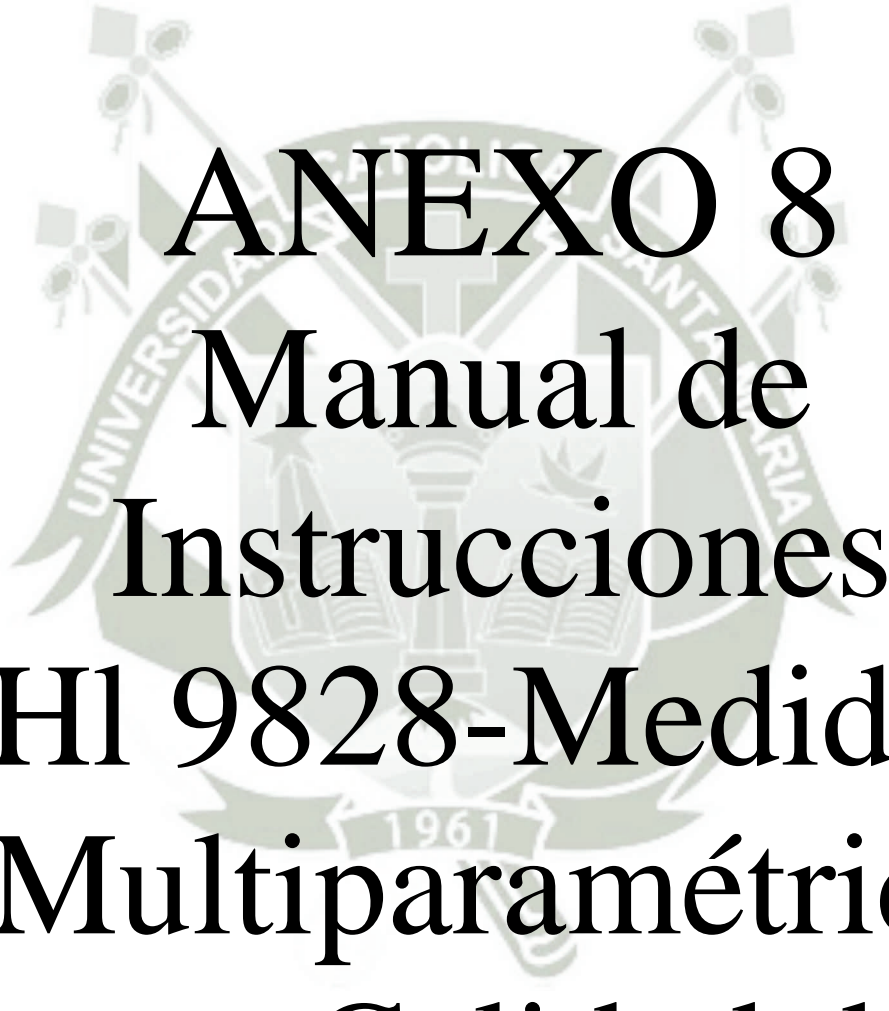
SPREADSHEET PARA EL CÁLCULO DEL COSTO DE CAPITAL Y
UTILITARIOS
P.P ING BIOTECNOLÓGICA-FACULTAD FARMACIA Y BIOQUIMICA
.U.C.S.M

Costo del Equipos		
Vessel	150	Soles
Armazon	100	Soles
Resistencia	35	Soles
Controlador de temperatura	250	Soles
tuberías	10	Soles
Válvulas de bola	32	Soles
Manguera	3	Soles
Difusor de aire	5	Soles
Total	585	Soles
Total	221,59091	\$
Factor de escala	3511,9792	\$

Costos Operativos		
Bomba	15	Soles
Caracterisiticas		
Voltaje	220	V
Frecuencia	50	Hz
Power	2,5	W
Presión	0,01	Mpa
Suma de capacidades	2,5	watts
	21,9	KWh/año
Costo Energía	0,114506	\$/KWh
Costo de utilitarios	2,5076814	\$/año
Factor de escala	250	watts
	2190	KWh/año
Costo de utilitarios en F.e	250,76814	\$/año

SPREADSHEET PARA EL CÁLCULO DEL COSTO DEL BIOREACTOR SBR
P.P ING BIOTECNOLÓGICA-FACULTAD FARMACIA Y BIOQUÍMICA .U.C.S.M

CMD	Sin escala	Factor escala	Valor
Costos de capital	221,5909091	3511,979233	\$/año
Costo de materia prima	0	0	\$/año
Costo de tratamiento de desechos	0	0	\$/año
Costo de utilitarios	2,5076814	250,76814	\$/año
Costo de mano de obra	13505	13505	\$/año
Supervisión directa	2430,9	2430,9	\$/año
Mantenimiento y reparación	5,318181818	84,2875016	\$/año
Suministros de operación	0,797727273	12,64312524	\$/año
Cargos de laboratorio	2025,75	2025,75	\$/año
Patentes y royalties	1108,748264	1129,00855	\$/año
Ctm	88,63636364	1404,791693	\$/año
CMF			
Depreciación	8,863636364	140,4791693	\$/año
Impuestos locales y seguros	2,836363636	44,95333419	\$/año
Alquileres, alumbrado, etc	9564,730909	9612,112501	\$/año
GE			
Costos de administración	2391,182727	2403,028125	\$/año
costos de distribución y ventas	4065,410302	4139,698017	\$/año
Investigación y desarrollo	1847,913774	1881,680917	\$/año
COM			
	36958,27548	37633,61834	\$/año



ANEXO 8

Manual de Instrucciones

H1 9828-Medidor Multiparamétrico para Calidad del Agua

HI 9828

Medidor Multiparamétrico para Calidad del Agua



 **HANNA**[®]
instruments

www.hannachile.com

CAPÍTULO 1- INTRODUCCIÓN

1.1 Inspección preliminar	5
1.2 Identificación del Modelo	5
1.3 Descripción general	6
1.4 Suministro de energía	7
1.4.1 Instalación de las baterías	7
1.4.2 Recarga de baterías	7
1.5 Descripción e instalación de la sonda	8
1.5.1 Activación del sensor de O.D.	8
1.5.2 Instalación	9
1.5.3 Sensores de pH & pH/ORP	10
1.6. Especificaciones	11
1.7 Descripción de la pantalla & del teclado	15

CAPÍTULO 2 - MODO DE MEDICIÓN

2.1 Procedimiento	17
-------------------------	----

CAPÍTULO 3 – CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

3.1 Configuración de la medición	18
3.2 Configuración del sistema	20
3.3 Tabla de medida & configuración de datos.....	24

CAPÍTULO 4 – MODO DE CALIBRACIÓN

4.1 Calibración rápida.....	26
4.2 Calibración de pH.....	28
4.2.1 Preparación	28
4.2.2 Procedimiento.....	29
4.2.3 Lista de errores.....	30

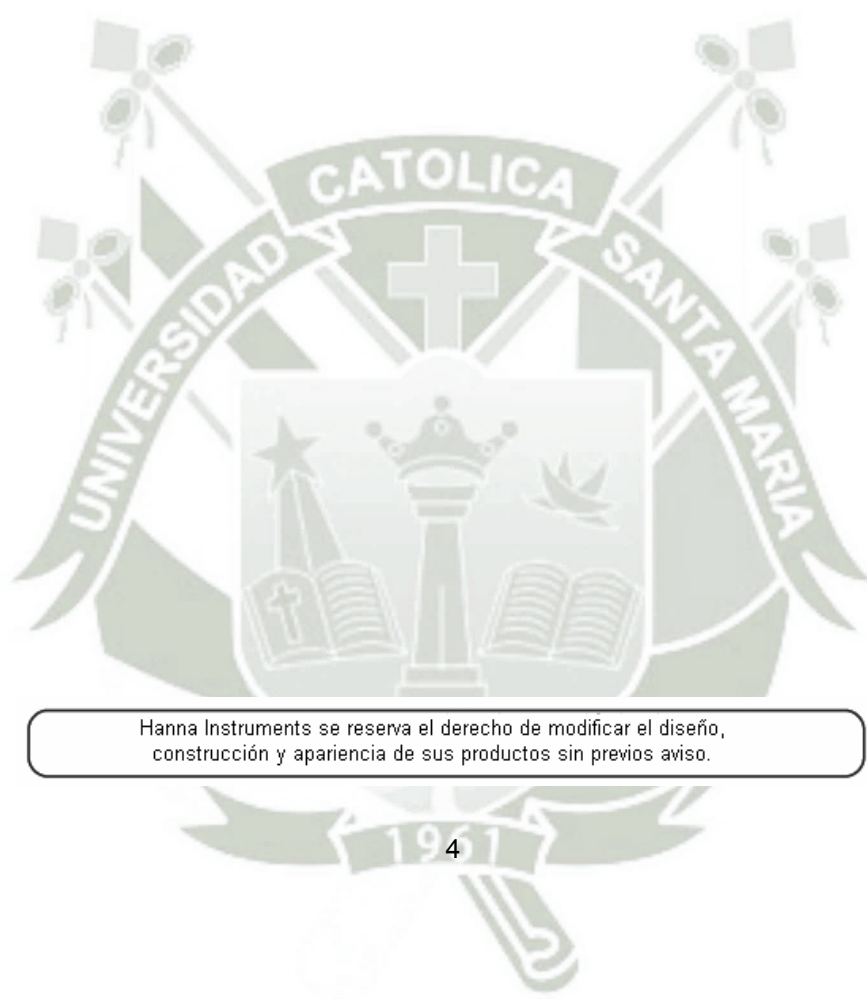


4.3 Calibración de Oxígeno Disuelto	31
4.3.1 Procedimiento	31
4.4 Calibración de conductividad	33
4.4.1 Procedimiento	33
4.5 Presión Atmosférica	35
4.5.1 Procedimiento	35
4.6 Calibración de ORP	35
4.6.1 Procedimiento	35
4.7 Calibración de Temperatura	36
4.7.1 Procedimiento	36
CAPÍTULO 5 – MODO DE REGISTRO (LOGGING)	
5.1 Registro	37
5.1.1 Opciones de Registro	37
5.2 Configuración del registro de datos	38
5.2.1 Registros	38
5.2.2 Eliminar todos los registros	40
5.2.3 Comentarios	40
5.2.4 Eliminar todos los comentarios	41
5.2.5 Tags	41
CAPÍTULO 6 - GLP	
6.1 Información de la sonda	43
6.2 pH	44
6.3 Oxígeno disuelto	44
6.4 Conductividad	45
6.5 Presión Atmosférica	45
6.6 ORP	46
6.7 Temperatura	46
CAPÍTULO 7 – CONEXIÓN A PC	
7.1 Instalación de Software	47
7.2 Conexión a PC	47
CAPÍTULO 8 - MENSAJES & ERRORES	49



APÉNDICE

A – MANTENIMIENTO DE LA SONDA	51
B - ACCESORIOS.....	53
C - GARANTÍA	55



Hanna Instruments se reserva el derecho de modificar el diseño, construcción y apariencia de sus productos sin previos aviso.

1.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR

Saque el instrumento del embalaje e inspecciónelo cuidadosamente para asegurarse de que no haya sufrido ningún daño durante el transporte. Si existiese algún daño notable, infórmele inmediatamente a su Distribuidor o al Centro de Servicio al Cliente Hanna más cercano.

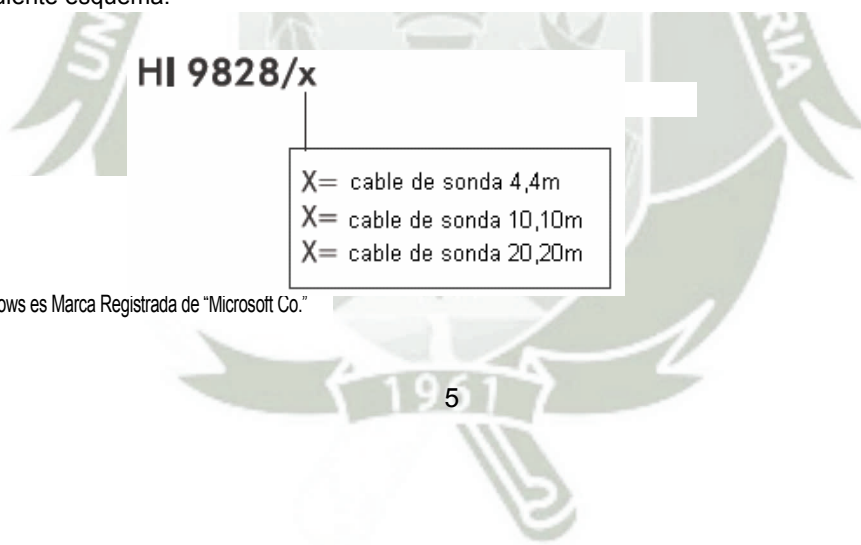
HI 9828 se suministra completo con:

- Sonda DO/EC/temperatura HI 769828DO
- Solución de calibración estándar HI 9828-27, 500 mL
- Kit de mantenimiento de la sonda
- 4 pilas Ni-MH recargables tamaño C
- Cable y adaptador de corriente
- Cable adaptador para encendedor de auto 12V
- 5 i-Button® con soporte
- Cable de interfaz USB HI 7698281
- Software compatible para Windows® HI 92000
- Manual de instrucciones
- Maletín resistente para transporte

NOTA: Guarde todos los materiales de embalaje hasta que esté seguro de que el instrumento funciona correctamente. Todo artículo dañado o defectuoso debe ser devuelto en su embalaje original junto con los accesorios otorgados.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL MODELO

Basado en la longitud del cable de la sonda, existen 3 modelos diferentes de acuerdo al siguiente esquema.



Windows es Marca Registrada de "Microsoft Co."

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL

HI 9828 es un sistema multiparamétrico que cuenta con los años de experiencia de Hanna Instruments como fabricante de instrumentos analíticos. Resistente al agua, robusto y fácil de usar, es la solución ideal para medidas de lagos y ríos en terreno. Gracias a la sonda multisensorial basada en un microprocesador, es posible medir todos los parámetros necesarios para evaluar la calidad del agua, como el porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto, Conductividad, Gravedad Específica y otros parámetros que aseguran la vida en el agua, como el pH y la temperatura. También es posible utilizar la misma sonda con diferentes medidores sin la necesidad de recalibrar el sistema.

Se puede habilitar y ver hasta 12 parámetros en la amplia pantalla de gráficos con retroiluminación. Todas las lecturas pueden ser grabadas y asociadas a un área de muestra precisa gracias al sistema i-Button y los comentarios que el operador puede ingresar antes o durante las mediciones. Los mismos datos pueden ser trazados en el medidor y descargados a un PC a través del conector USB y la aplicación HI92000 compatible con Windows®, para trabajos posteriores.

El menú de configuración se puede proteger con una contraseña para evitar modificaciones no autorizadas y la función de ayuda está siempre disponible para explicar la función, operación o mensaje seleccionados.

Las principales características de la serie HI 9828 incluyen:

- Medición del Oxígeno Disuelto, pH, ORP, Conductividad y parámetros relacionados, Temperatura, Presión Atmosférica y Gravedad específica del agua de mar;
- Los sensores para OD/Temperatura/EC y pH/ORP pueden ser cambiados en terreno;
- Interfaz en 5 lenguajes: inglés, italiano, francés, español, portugués;
- Pantalla gráfica con retroiluminación;
- Características GLP (Buenas Prácticas de Laboratorio);
- Sistema i-Button para delimitar el área de muestreo;
- Hasta 60.000 muestras almacenadas en 100 registros diferentes;
- 4 pilas recargables Ni-MH tamaño C;
- Posibilidad de recargar desde la red eléctrica y desde el encendedor de auto 12V;
- Protección con contraseña.

1.4 SUMINISTRO DE ENERGÍA

HI 9828 funciona con 4 pilas recargables Ni-MH tamaño C.

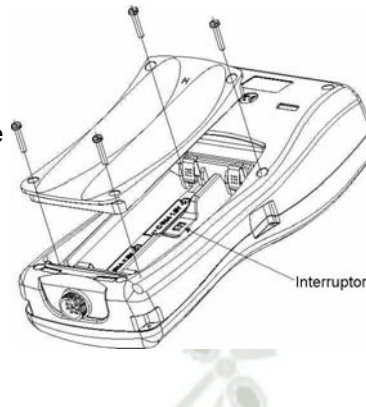
En la pantalla, el icono de batería visualiza la carga de batería que queda. Cuando este icono comienza a parpadear, es necesario recargarlas o reemplazarlas por pilas alcalinas. Cuando las baterías están completamente agotadas, el medidor se apaga automáticamente para evitar lecturas erróneas.

1.4.1 Instalación de las baterías

Las baterías se deben reemplazar sólo en lugares no peligrosos.

Saque los 4 tornillos de la tapa posterior del instrumento e inserte las pilas, cuidando que queden ubicadas con la polaridad correcta.

NOTA IMPORTANTE: Para utilizar pilas alcalinas tamaño C, es necesario mover hacia arriba el interruptor que se encuentra en el compartimiento de las baterías.



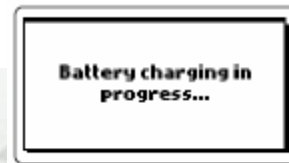
1.4.2 Recarga de baterías

HI 9828 viene con dos cables diferentes para recargar baterías: HI 710045 y HI 710046.

Red de suministro eléctrico

HI 710045 combinado con el adaptador 12Vdc se utiliza para recargar las pilas desde el tomacorriente.

- Con el medidor apagado, desconecte la sonda.
- Conecte el HI 710045 al medidor y al adaptador de energía; conecte el adaptador al tomacorriente.
- En la pantalla aparecerá el mensaje "Battery charging in progress" ("Recarga de batería en progreso") y luego aparecerá el icono de batería.
- Para recargar completamente las baterías, se necesita 14 horas de recarga.



NOTA: Es posible recargar las pilas con el medidor encendido; si está habilitada la función Apagado Automático, el medidor se apagará automáticamente cuando se cumpla el tiempo determinado.

Encendedor de automóvil de 12V

Con el HI 710046 es posible recargar el medidor HI 9828 en un automóvil.

Solo debe conectar el cable al medidor y al encendedor del auto.

- En la pantalla aparecerá el mensaje “Battery charging in progress” (Carga de batería en progreso”) y el icono de la batería.
- Para recargar las pilas completamente, se necesita 14 horas de recarga.

NOTA: Es posible recargar las baterías con el medidor encendido; si la función de apagado automático está habilitada, el medidor se apagará automáticamente cuando se cumpla el tiempo determinado.

1.5 DESCRIPCIÓN E INSTALACIÓN DE LA Sonda

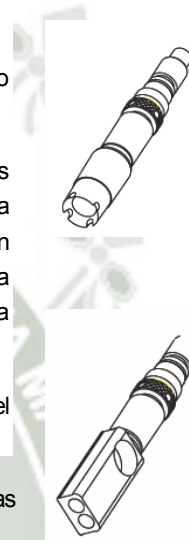
HI 9828 se suministra con HI 769828DO, sonda para mediciones de Oxígeno Disuelto, Temperatura y Conductividad.

En el cuerpo de la sonda también se puede insertar un sensor de pH o pH/ORP; consulte en el Apéndice A los códigos de pedido.

El sensor galvánico de O.D. incluye un termistor que permite tener lecturas estables con compensación de temperatura en pocos segundos. La delgada membrana permeable aísla los elementos del sensor de la solución que se está testeando, pero permite entrar oxígeno. El oxígeno que pasa a través de la membrana causa un flujo de corriente, del cual se determina la concentración de oxígeno.

Antes de instalar la sonda, es necesario activar el sensor de O.D.; consulte el procedimiento en el párrafo 1.5.1.

El sensor de conductividad es un sistema de 4 anillos que permite lecturas estables y lineales, sin interferencias en todo el rango.



1.5.1 Activación del sensor de O.D.

La sonda de O.D. no se envía hidratada. Para hidratar la sonda y prepararla para su utilización, proceda de acuerdo a lo siguiente:

- Saque la tapa plástica blanca con rojo. Esta tapa se utiliza para fines de despacho solamente y

se puede desechar.

- Inserte el O-ring en la membrana.
- Enjuague la membrana con electrolito mientras la agita suavemente. Llénela con electrolito limpio. Golpee cuidadosamente la membrana sobre una superficie para asegurarse de que no queden burbujas de aire atrapadas. Para evitar que se dañe la membrana, no la toque con los dedos.
- Con el sensor al revés, gire la tapa en el sentido de las agujas del reloj, hasta el final de los hilos. Se rebosará un poco de electrolito.

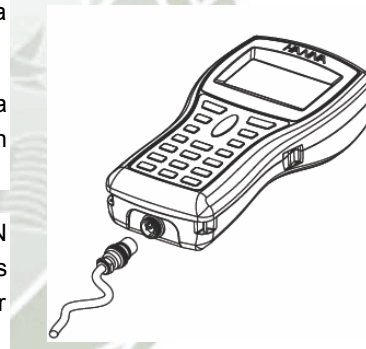
• 1.5.2 Instalación

La sonda multisensorial puede sostener 3 electrodos distintos, OD/Temperatura, EC, pH/ORP. Para facilitar la instalación, los 3 sensores tienen 3 códigos de diferente color: Blanco para OD, anaranjado para EC y amarillo para pH/ORP



Para instalar correctamente los sensores, proceda como se indica a continuación:

- Inserte el sensor con la alineación correcta correspondiente al color del conector.
- Atornille la contratuerca con la herramienta incorporada para ajustar el sensor.
- Después de ajustar los sensores es necesario atornillar la funda de protección si va a efectuar mediciones, o el vaso de calibración transparente si va a calibrar.
- Con el medidor apagado, conecte la sonda a la toma DIN que se encuentra en la parte inferior del medidor, alineando los pins y empujando el conector. Apriete la tuerca para asegurar una buena conexión.



1.5.3 Sensores de pH y pH/ORP

Como se mencionó anteriormente, el medidor HI 9828 está preparado para efectuar mediciones de pH y ORP.

HI 769828PH y HI 769828PHO son sondas con sensores de pH y pH/ORP respectivamente. Consulte en la siguiente tabla las especificaciones de los electrodos.



	Referencia	Unión	Electrolito	Punta	Cuerpo
pH	doble	fibra	gel	Esférica	PEI
ORP	doble	fibra	gel	Pt	PEI

Para evitar problemas de obstrucción y asegurar una rápida respuesta, el bulbo del pH debe mantenerse siempre húmedo. Almacene el electrodo con unas gotas de solución de almacenamiento HI 70300L.

Para efectuar mediciones correctas de redox, deben predominar las siguientes condiciones:

- La superficie del electrodo debe estar limpia y suave
- La superficie del electrodo debe someterse a un pretratamiento para que pueda responder rápidamente.

Debido a que el sistema Pt/PtO depende del pH, el pretratamiento del electrodo debe estar determinado por el pH y los potenciales valores de redox de la solución que se medirá.

Como regla general, si la lectura del ORP mV correspondiente al valor del pH de la solución es mayor que los valores que se muestran en la siguiente tabla, es necesario hacer un pretratamiento de oxidación; de lo contrario, es necesario efectuar un pretratamiento reductor:

pH	mV	pH	mV	pH	mV	pH	mV	pH	mV	pH	mV
0	990	1	920	2	860	3	800	4	740	5	680
6	640	7	580	8	520	9	460	10	400	11	340
12	280	13	220	14	160						

Para el pretratamiento reductor: sumerja el electrodo durante pocos minutos en HI 7091L.

Para el pretratamiento oxidante: sumerja el electrodo durante pocos minutos en HI 7092L.



1.6 ESPECIFICACIONES**TEMPERATURA**

Rango	-5,00 a 55,00 °C; 23,00 a 131,00°F; 268,15 a 328,15 K
Resolución	0,01 °C; 0,01 °F; 0,01 K
Precisión	± 0,15 °C; ± 0,27 °F; ± 0,15 K
Calibración	automática en 1 punto personalizado

pH

Rango	0,00 a 14,00 pH; ± 600,0 mV
Resolución	0,01 pH; 0,1 mV
Precisión	± 0,02 pH ± 0,5 mV
Calibración	Automática en 1, 2 ó 3 puntos con 5 tampones estándar memorizados (pH 4,01; 6,86; 7,01; 9,18; 10,01) o con 1 buffer personalizado

ORP

Rango	± 2000,0 mV
Resolución	0,1 mV
Precisión	± 1,0 mV
Calibración	automática en 1 punto personalizado

OXÍGENO DISUELTO

Rango	0,0 a 500,0 % 0,00 a 50,00 mg/L
Resolución	0,1 % 0,01 mg/L
Precisión	0,0 a 300,0 %: ± 1,5% de lectura ó ± 1,0%, el que sea mayor; 300,0 a 500,0 %: ± 3% de lectura 0,00 a 30,00 mg/L: ± 1,5% de lectura ó 0,10 mg/L, el que sea mayor; 30,00 mg/L a 50,00 mg/L: ± 3% de lectura
Calibración	Automática en 1 ó 2 puntos en 0, 100% ó en 1 punto personalizado

CONDUCTIVIDAD

Rango	0,000 a 200,000 mS/cm (EC real hasta 400 mS/cm)
Resolución	
Manual	1 μ S/cm; 0,001 mS/cm; 0,01 mS/cm; 0,1 mS/cm; 1 mS/cm
Automática	1 μ S/cm de 0 hasta 9999 μ S/cm 0,01 mS/cm de 10,00 a 99,99 mS/cm 0,1 mS/cm de 100,0 a 400,0 mS/cm
Automática mS/cm	0,001 mS/cm de 0,000 a 9,999 mS/cm 0,01 mS/cm de 10,00 a 99,99 mS/cm 0,1 mS/cm de 100,0 a 400,0 mS/cm
Precisión	\pm 1% de lectura ó \pm 1 μ S/cm, el que sea mayor
Calibración	Automática en 1 punto con 6 estándares memorizados (84 μ S/cm; 1413 μ S/cm; 5,00 mS/cm; 12,88 mS/cm, 80,0 mS/cm; 111,8 mS/cm) o en un punto personalizado

RESISTIVIDAD

Rango (depende de la medida determinada)	0 a 999999 Ω /cm; 0 a 1000,0 k Ω /cm; 0 a 1,0000 M Ω /cm
Resolución	depende de la lectura de la resistividad
Calibración	según la calibración de conductividad o salinidad

TDS

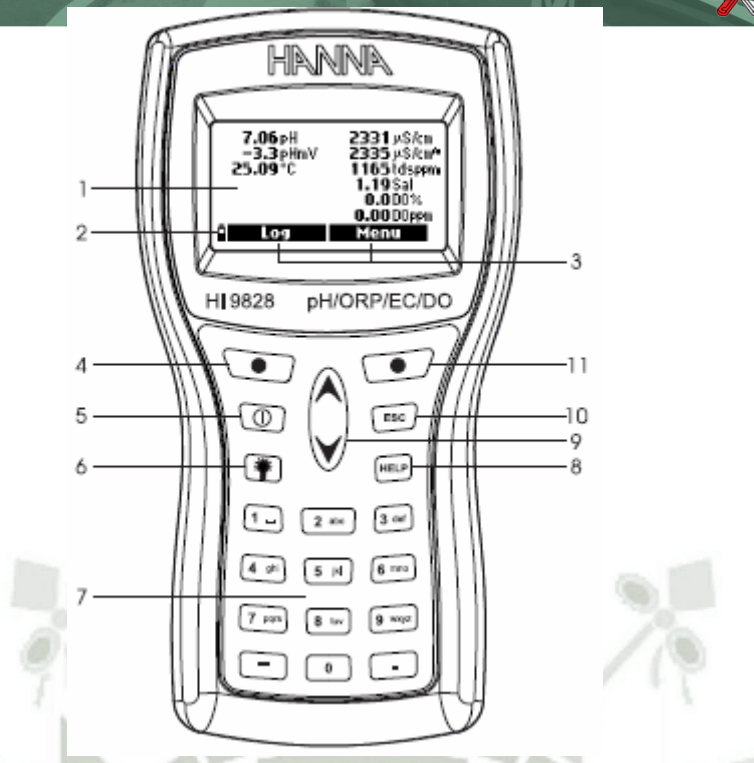
Rango	0 a 400000 mg/L o ppm; (el valor máximo depende del factor TDS)
Resolución	
Manual	1 mg/L (ppm); ,.001 g/L (ppt); 0,01 g/L (ppt); 0,1 g/L (ppt); 1 g/L (ppt)
Automática g/L (ppt)	1 mg/L (ppm) de 0 a 9999 mg/L (ppm) 0,01 g/L (ppt) de 10,00 a 99,99 g/L (ppt) 0,1 g/L (ppt) de 100,0 a 400,0 g/L (ppt)
Precisión	\pm 1% de lectura ó \pm 1 mg/L (ppm), el que sea mayor
Calibración	según la calibración de conductividad o salinidad

SALINIDAD	
Rango	0,00 a 70,00 PSU (Escala Práctica de Salinidad ampliada)ampliada)
Resolución	0,01 PSU
Precisión	±2% de lectura ó 0,01 PSU, el que sea mayor
Calibración	1 punto personalizado
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGUA DE MAR	
Rango	0,0 a 50,0
Resolución	0,1 σ_t , σ_0 , σ_{15}
Precisión	±1 σ_t , σ_0 , σ_{15}
Calibración	según la calibración de conductividad o salinidad
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	
Rango	450 a 850 mmHg; 17,72 a 33,46 inHg; 600,0 a 1133,2 mbar; 8,702 a 16,436 psi; 0,5921 a 1,1184 atm; 60,00 a 113,32 kPa
Resolución	0,1 mmHg; 0,01 inHg; 0,1 mbar 0,001 psi; 0,0001 atm; 0,01 kPa
Precisión	± 3 mmHg dentro de ± 15 °C de la temperatura durante la calibración
Calibración	Automática en un punto personalizado



Compensación de temperatura	automática desde -5 hasta 55°C (23 a 131°F)
Memoria de registros	hasta 60.000 muestras con 13 mediciones cada una*
Intervalo de registro	1 segundo hasta 3 horas
Interfaz para PC	USB (con software HI 92000)
Protección de impermeabilidad	Medidor IP 67; Sonda IP 68
Condiciones ambientales	0 a 50°C (32 a 122°F); 100% H.R.
Suministro de energía	4 pilas alcalinas de 1,5V tipo C (aproximadamente 150 horas de uso continuo sin retroiluminación) 4 pilas recargables de 1,2V tipo C (aproximadamente 70 horas de uso continuo sin retroiluminación)
Dimensiones	
Medidor	221 x 115 x 55mm (8,7 x 4,5 x 2,2")
Sonda	l = 270 (10,7"); diam.= 46mm (1,8")
Peso	
Medidor	750 g (26,5 oz.)
Sonda	750 g (26,5 oz.)

* Sin comentarios. Al utilizar comentarios la cantidad máxima de muestras disminuye, pero en la práctica, nunca serán menos de 50.000.



1. Pantalla
2. Indicación del nivel de la batería
3. Funciones de las teclas de función
4. Tecla de función izquierda: su función depende de lo que muestra la pantalla
5. Tecla On/Off: para encender y apagar el medidor
6. Retroiluminación: para activar la retroiluminación
7. Teclado alfanumérico: para ingresar códigos alfanuméricos
8. Tecla de ayuda (HELP): para tener información sobre lo que muestra la pantalla
9. Teclas de Flechas: para desplazarse entre las opciones
10. Tecla ESC: para regresar a la pantalla anterior
11. Tecla de función derecha: su función depende de lo que muestra la pantalla.

1.8 FUNCIÓN DE AYUDA

HI 9828 incluye una Función de Ayuda, que sirve para obtener información breve sobre la pantalla actual. Sólo debe presionar la tecla HELP y aparecerá una ventana de información.

Para mensajes más extensos presione las teclas de flechas para desplazarse.

Para salir de la ventana de ayuda presione nuevamente la tecla HELP.



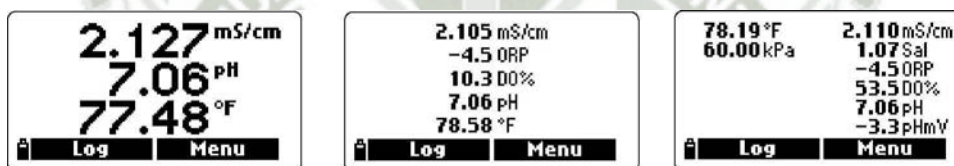
HI 9828 le brinda la posibilidad de leer diferentes parámetros al mismo tiempo y con la misma sonda. Como se describió en las secciones anteriores, es posible conectar hasta 3 sensores en la sonda.

2.1 PROCEDIMIENTO

- Conecte la sonda en el medidor, recuerde ajustar con cuidado la funda de protección a la sonda.
- Sumerja la sonda en la muestra prestando atención para evitar piedras.
- Encienda el medidor presionando el botón On/Off. El medidor visualiza “Hanna HI 9828”, la versión del software y luego ingresa el modo de medición.
- El medidor visualiza las lecturas relativas a todos los parámetros habilitados. Para más información, consulte el Capítulo 3.
- Presione LOG para almacenar las lecturas o MENU para ingresar al menú principal del medidor. Para más información, consulte el Capítulo 5.

NOTAS: Si el medidor no encuentra la sonda, aparece el mensaje “Probe disconnected!” (“¡Sonda desconectada!”). En este caso, la única tecla de función disponible es Menu y puede operar solo con las funciones que no requieren lectura.

Es posible habilitar hasta 12 parámetros. Según la cantidad de parámetros habilitados, la resolución gráfica cambia, mientras menor sea la cantidad de parámetros, mayor es el tamaño de los dígitos.



Una pequeña letra A anexa a $\mu\text{S}/\text{cm}$ y mS/cm se refiere a la conductividad real, es decir, la lectura de la conductividad sin compensación de temperatura.

Cuando una medición está fuera del rango, el valor máximo (o mínimo) para la medición parpadeará de manera lenta y continua.

Al presionar la tecla de luz se puede encender o apagar la retroiluminación. Si ha pasado un minuto sin haber presionado ninguna tecla, la retroiluminación se apagará automáticamente.

Capítulo 3 – MODO DE CONFIGURACIÓN

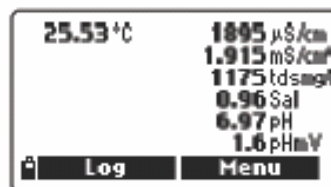
Antes de tomar las mediciones se debe configurar algunos parámetros. En el menú principal hay dos ítems de configuración: Configuración de Medición y Configuración del Sistema.

La configuración de medición permite configurar las lecturas visualizadas y sus unidades; la configuración del sistema permite establecer los parámetros del sistema; por ejemplo, interfaz de lenguaje, fecha y hora, contraste de LCD, señales acústicas, etc.

3.1 CONFIGURACION DE MEDICIÓN

- Encienda el medidor presionando la tecla On/Off.

Después de la inicialización, el medidor ingresa el modo de medición y las teclas de función activas son LOG y MENU.



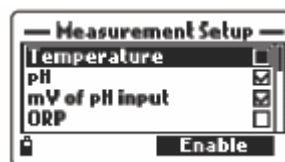
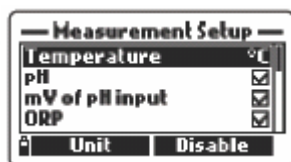
- Presione MENU, con las flechas seleccione "Measurement Setup" ("Configuración de Medición") y presione OK.



- La pantalla visualiza la lista completa de los parámetros mensurables.

- Para elegir un parámetro, desplácese con las flechas para iluminarlo.

Es posible habilitar o deshabilitar cada parámetro. Una casilla de verificación o la unidad de medida al lado de los parámetros significa que está habilitado. Presione la tecla de función derecha para habilitar o deshabilitar el parámetro.



Para algunos parámetros se puede seleccionar también la unidad de medición y la resolución presionando la tecla de función UNIT o RESOLUTION.

Temperatura

Se puede elegir K, °F y °C.

pH, mV of pH input, ORP, D.O. % saturación, Salinidad

Estos parámetros solo se pueden habilitar o deshabilitar, la unidad de medida y la resolución

son fijas.

Concentración de O.D.

Se puede seleccionar: ppm o mg/l.

Conductividad y Conductividad Real

Es posible elegir: Automática (variación automática tanto $\mu\text{S/cm}$ como mS/cm); $1\ \mu\text{S/cm}$; $0,001\ \text{mS/cm}$; $0,01\ \text{mS/cm}$; $0,1\ \text{mS/cm}$; $1\ \text{mS/cm}$; Auto mS (variación automática en unidad mS/cm).

NOTA: Conductividad real es la lectura de la conductividad sin compensación de temperatura.

Resistividad

Se puede elegir: Ω/cm , $\text{k}\Omega/\text{cm}$ o $\text{M}\Omega/\text{cm}$.

TDS

Se puede elegir: Automática, variación automática tanto de ppm(mg/l) como de ppt(g/l); $1\ \text{ppm}\ (\text{mg/l})$; $0,001\ \text{ppt}\ (\text{g/l})$; $0,01\ \text{ppt}\ (\text{g/l})$; $0,1\ \text{ppt}\ (\text{g/l})$; $1\ \text{ppt}\ (\text{g/l})$; Auto ppt (g/l) (variación automática en unidad ppt ó g/l).

NOTA: Para configurar ppm o mg/l, consulte el párrafo 3.2 Configuración del Sistema.

Gravedad específica de agua de mar

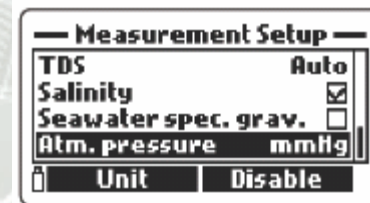
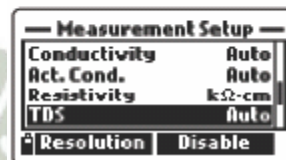
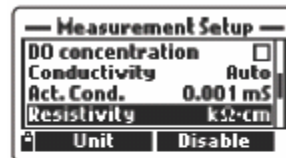
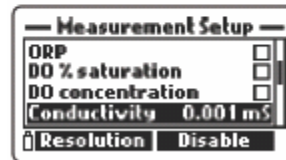
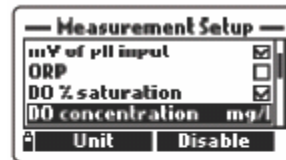
Este valor es un parámetro muy utilizado para el agua de mar; es similar a la medición de la densidad y es una expresión del contenido de sales en el agua. Depende de la presión atmosférica, la temperatura y la salinidad.

En el menú de gravedad específica del agua de mar se puede elegir la temperatura de referencia: σ_t , σ_0 , y σ_{15} . (Temperatura actual, $t=0^\circ\text{C}$, $t=15^\circ\text{C}$ respectivamente).

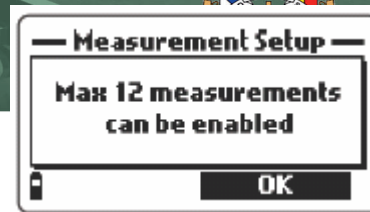
Presión atmosférica

Se puede elegir: atm, kPA, mmHg, inHg, mbar, psi.

NOTA: Se puede habilitar simultáneamente un máximo



de 12 mediciones en la pantalla.
Un mensaje de advertencia aparece si se trata de habilitar más de 12 mediciones.



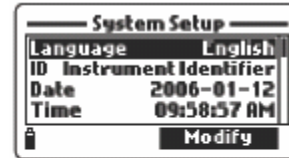
3.2 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

- En el modo de medición, presione MENU, con las flechas seleccione *System Setup* y luego presione OK.
- Para elegir un parámetro, deslícese con las flechas para iluminarlo y luego presione MODIFY.

NOTA: si existe una contraseña, es necesario ingresarla antes de cambiar el primer parámetro.

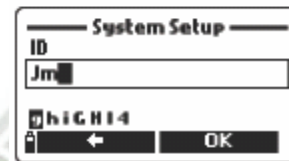
Idioma

Es posible cambiar el idioma de la pantalla. Las opciones disponibles son inglés, español, francés, portugués e italiano. El idioma se puede modificar presionando la tecla de función MODIFY.



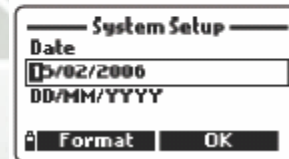
ID

Se puede ingresar un código de identificación para el medidor. Al presionar MODIFY aparecerá un cuadro de texto en la pantalla: use el teclado para ingresar el código alfanumérico deseado y luego presione OK. (Se puede utilizar un máximo de 25 caracteres).



Fecha

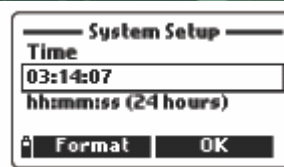
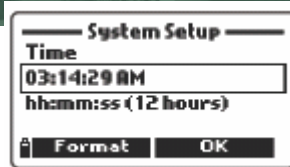
Seleccione el formato de fecha deseado presionando repetidamente FORMAT. Los formatos disponibles son: DD/MM/YYYY, YYYY-MM-DD y MM-DD-YYYY. Ingrese la fecha con el teclado y presione OK.



Hora

Elija el formato de hora deseado presionando repetidamente FORMAT. Los formatos disponibles son: hh:mm:ss (24 horas) y hh:mm:ss (12 horas).

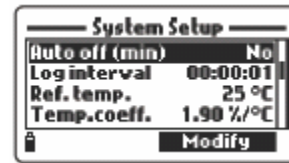




Ingrese la hora con el teclado y luego presione OK.

Apagado automático

El medidor se apagará automáticamente si no se presiona ninguna tecla durante el tiempo determinado. Esta función se puede habilitar o deshabilitar; al presionar la tecla de función MODIFY se puede seleccionar la opción que desee: NO, 5, 10, 15, 20, 30 ó 60 minutos.

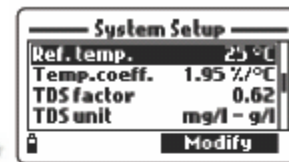


Intervalo de registro

Establezca el intervalo de registro entre 1 segundo y 3 horas.

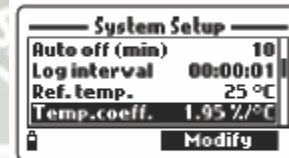
Temperatura de referencia

Para las lecturas de conductividad es necesario establecer la temperatura de referencia para el valor mostrado. Las opciones disponibles son 20°C y 25°C. Para determinar el valor presione la tecla de función MODIFY.



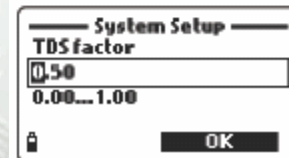
Coefficiente de Temperatura

Este factor se puede fijar desde 0,00%/°C (sin compensación de temperatura) hasta 6,00%/°C. Para fijar este valor presione MODIFY y luego ingrese el valor deseado con el teclado. La tecla de función izquierda permite mover el cursor. Para confirmar el valor presione OK.



Factor TDS

El factor de conversión se puede fijar desde 0,00 hasta 1,00. Por lo general, para soluciones fuertemente iónicas el valor determinado es 0,5 y para soluciones débilmente iónicas, como soluciones nutritivas, es 0,7.



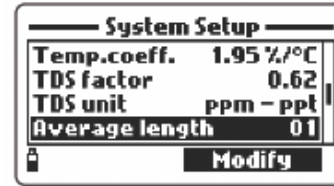
Para establecer este factor presione MODIFY, ingrese el valor y luego presione OK.

Unidad TDS

Las lecturas de TDS se pueden expresar como ppm-ppt ó mg/l-g/l. Presione MODIFY para seleccionar la unidad deseada.

Longitud promedio

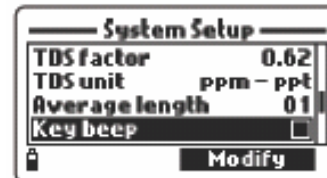
Para obtener un valor promedio y una lectura más representativa con una muestra inestable, determine la cantidad de repetición de las lecturas para los valores mostrados.



Para escoger la longitud promedio de las lecturas presione MODIFY. Se puede establecer el valor desde 1 hasta 30.

Sonido del teclado

Si está habilitado, el medidor emitirá una señal acústica cada vez que se presione una tecla.



Sonido de Error

Si está habilitado, el medidor emitirá una señal acústica cada vez que se presione una tecla errónea, o cuando ocurra algún error particular.

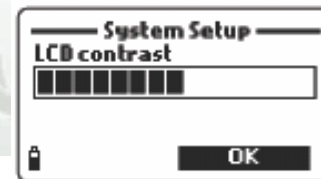


Separador decimal

Se puede elegir el tipo de separador decimal: punto o coma; presione MODIFY para elegir el símbolo que desee.

Contraste LCD

Para fijar el contraste de LCD seleccione la entrada correspondiente y presione MODIFY. Aparecerá una barra horizontal; presione las flechas para modificar el contraste y luego presione OK para confirmar.



Contraseña

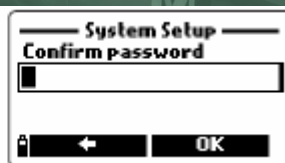
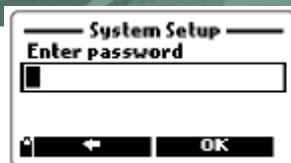
Para habilitar la contraseña:

- Presione MODIFY para seleccionar la entrada.
- Ingrese la contraseña deseada en el cuadro de texto y presione OK.

NOTA: Al teclear, los caracteres se ocultan tras el símbolo * (asterisco).



- El medidor solicita confirmar la contraseña: escribala nuevamente y luego presione OK.



El medidor regresa al menú de Configuración del Sistema (System Setup) y se marca el cuadro de verificación junto a la entrada de la contraseña.

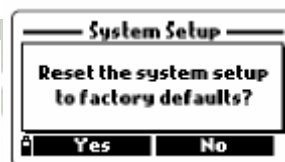
Para deshabilitar la contraseña:

- Presione MODIFY para seleccionar la entrada de contraseña.
- Ingrese la contraseña y luego presione DISABLE. En el cuadro de texto aparece NO.
- Para confirmar, presione OK.

Restaurar la configuración de fábrica

Es posible restaurar los parámetros de la Configuración del Sistema y de la Configuración de la Medición a sus valores por defecto.

- Elija la entrada "Restaurar configuraciones de fábrica" ("Restore factory settings") y presione OK.
- El medidor solicitará su confirmación: presione YES para confirmar o NO para salir.



NOTA: Se puede quitar la configuración del sistema en cualquier momento presionando la tecla ESC. Para cada entrada, si no se confirmó la elección, la nueva configuración no será aceptada.



3.3 TABLA DE ÍTEMS DE MEDICIÓN Y CONFIGURACIÓN

Configuración de Mediciones

Entrada	Descripción	Valor por defecto	Valores válidos
Temperatura	Unidad de temperatura	°C	K; °C; °F
pH	Medición de pH	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ; <input type="checkbox"/>
mV de entrada de pH	mV de lecturas de pH	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ; <input type="checkbox"/>
ORP	Medición de redox	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ; <input type="checkbox"/>
O.D. % de saturación	Medición de oxígeno disuelto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ; <input type="checkbox"/>
Concentración O.D.	Medición de oxígeno disuelto	ppm	ppm; mg/l
Conductividad	Medición de conductividad	Automática	Auto; 1 /jS; 0,001 mS; 0,01 mS; 0,1 mS; 1 mS;
Conductividad Real	Medición de conductividad sin compensación de temperatura	Auto	Auto; 1 /jS; 0,001 mS; 0,01 mS; 0,1 mS; 1 mS; Auto mS
Resistividad	Medición de resistividad	M Ω-cm	M Ω cm; k Ω cm; Ω -cm
TDS	Medición de sólidos totales disueltos	Auto	Auto; 1 ppm; 0,001 ppt; 0,1 ppt; 0,1 ppt; 1 ppt; Auto ppt
Salinidad	Medición de salinidad	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ; <input type="checkbox"/>
Gravedad específica	Medición de gravedad específica	σ_t	σ_t ; σ_{20} ; σ_{15}
Presión atmosférica	Medición de presión atmosférica	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ; <input type="checkbox"/>

Configuración del Sistema

Entrada	Descripción	Valor por defecto	Valores válidos
Idioma	Interfaz del idioma	Inglés	Español, francés, portugués, italiano
ID	Código de identificación del medidor	-	Máx. 25 caracteres
Fecha	Calendario actualizado	YYYY/MM/DD	YYYY/MM/DD; MM/DD/YYYY; DD/MM/YYYY
Hora	Reloj actualizado	hh:mm:ss (24 horas)	hh:mm:ss (12 horas); hh:mm:ss (24 horas)
Apagado automático (min)	Apagado automático después de un periodo sin utilizar	5 min	NO; 5; 10; 15; 20; 30; 60 min

Intervalo de registro	Período entre 2 grabaciones automáticas	00:00:01	00:00:01 a 03:00:00
Temp. referencia	Temperatura de referencia para mediciones de conductividad	25 °C	20 °C; 25 °C
Temp.coeff.	Coefficiente de temperatura para mediciones de conductividad	1,90%/°C	0,00 a 6,00%/°C
Factor TDS	Factor de conversión para lecturas de conductividad	0.50	0,00 a 1,00
Unidad de TDS	Unidad de medida para TDS	ppm - ppt	ppm - ppt; mg/l - g/l
Longitud promedio	Cantidad de lecturas	01	1 a 30
Sonido de teclas	Señal acústica para la tecla presionada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ; <input type="checkbox"/>
Sonido de Error	Señal acústica para teclas presionadas erróneamente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ; <input type="checkbox"/>
Separador decimal	Para los números que muestra la pantalla	.	.; ,
Contraste LCD	Contraste de LCD	8	1 a 15
Contraseña	Ingresar una contraseña	-	máx. 5 caracteres



HI 9828 permite efectuar seis tipos de calibración diferentes, uno para cada parámetro y también un solo punto de calibración rápida para todos los parámetros.

Los datos de calibración se almacenan en la memoria de la sonda. Esta función es útil para utilizar la misma sonda con diferentes medidores, sin tener la necesidad de recalibrar.

- Para efectuar una calibración, seleccione con las flechas “Calibration” en el menú principal y luego presione OK.



NOTA: Si la contraseña está habilitada y la última función mostrada en la pantalla no estaba protegida con contraseña, el medidor pedirá que ingrese la contraseña.

- Elija el tipo de calibración con las flechas y luego presione OK.

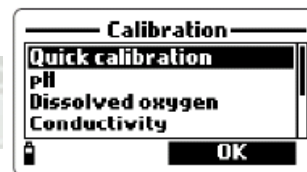
Las opciones disponibles son:

Calibración rápida (permite la calibración de O.D., saturación, pH y conductividad con un sólo procedimiento), pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Presión atmosférica, ORP y Temperatura.

4.1 CALIBRACIÓN RÁPIDA

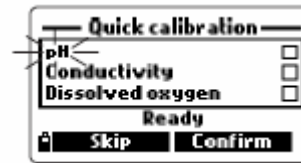
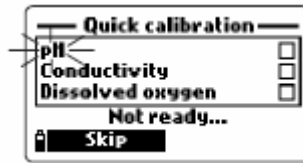
La calibración rápida es una función que permite al usuario calibrar la sonda multiparamétrica en el campo con solo una solución, HI 9828-25, de una manera fácil y rápida.

- Llene el vaso con la solución de calibración HI 9828-25.
- Atomille el vaso de calibración en el cuerpo de la sonda. Se reboseará un poco de solución
- Espere unos minutos hasta que se estabilice.



- En el menú de Calibración, elija Quick calibration (Calibración Rápida) y presione OK.
- Aparecerá una pantalla de 3 ítems (pH, Conductividad y Oxígeno Disuelto), la palabra pH comienza a parpadear y aparecerá el mensaje “Not ready”.

- Cuando la medición se estabilice aparecerá el mensaje “Ready” (“Listo”); presione CONFIRM para aceptar el valor.

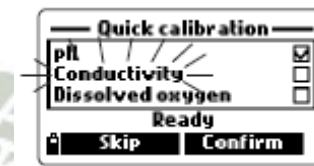


Aparecerán los mensajes “Storing data on probe, please wait...” (“Almacenando datos en la sonda, espere por favor...”) y “Updating GLP data, please wait...” (“Actualizando datos GLP, espere por favor...”).

NOTA: Si no necesita calibrar el pH, puede omitirla y continuar con la calibración rápida de CE, presionando la tecla de función SKIP.

Si el sensor de pH no está, aparecerá el mensaje “pH sensor not installed! Skip to conductivity calibration” (“¡Sensor de pH no instalado! Siga con calibración de conductividad”).

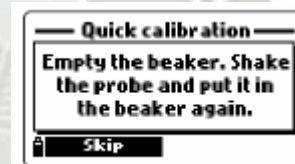
- Después de confirmar la calibración de pH, la palabra EC (Conductividad) parpadea.
- Cuando la medición se estabiliza, aparece el mensaje “Ready”; presione CONFIRM para aceptar el valor.



- Aparecerán los mensajes “Storing data on probe, please wait...” (“Almacenando datos en la sonda, espere por favor...”) y “Updating GLP data, please wait...” (“Actualizando datos GLP, espere por favor...”).

NOTA: Si no necesita la calibración de CE, puede omitirla y continuar con la calibración rápida de OD, presionando la tecla de función SKIP.

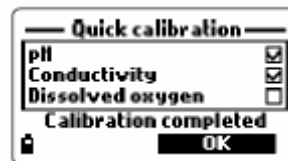
- El medidor se dirige a calibración rápida de OD y aparece el mensaje “Empty the beaker. Shake the probe and put it in the beaker again” (“Vacíe el vaso, agite la sonda y ubíquela en el vaso nuevamente”).
- Desatornille el vaso de calibración y saque la solución.



- Agite la sonda, al igual que a un termómetro clínico, para secarla. Preocúpese de que no queden gotas en el sensor de OD.

NOTA: No utilice ningún tipo de papel para secar la sonda, para evitar que se dañe el sensor.

- Atornille nuevamente el vaso en el cuerpo de la sonda.
- Espere que se establezca la lectura y luego presione CONFIRM.
- Después de presionar CONFIRM, aparecerán los mensajes “Storing data on probe, please wait...” (“Almacenando datos en la sonda, por favor espere...”) y “Updating GLP data, please wait ...” (“Actualizando datos GLP, por favor espere...”).
- Luego aparecerá nuevamente la pantalla de calibración de 3 ítems y la casilla de verificación estará llena o vacía de acuerdo con los parámetros calibrados.
- Presione OK para volver al menú de calibración.



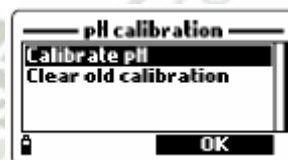
NOTA: Para suspender la calibración rápida presione ESC en cualquier momento.

4.2 CALIBRACIÓN DE pH

Es necesario calibrar el medidor con frecuencia, especialmente si se requiere alta precisión.

Al escoger calibración de pH, la pantalla muestra dos posibilidades: “Calibrate pH” (“Calibrar pH”) y “Clear old calibration” (“Borrar calibración anterior”).

Al seleccionar “Calibrate pH” (“Calibrar pH”) y presionar OK, se puede comenzar una nueva calibración en 1, 2 ó 3 puntos con buffer estándar (pH 4,01; 6,86 ó 7,01; 9,18 ó 10,01) ó a 1 punto de calibración con un buffer personalizado.



Al seleccionar “Clear old calibration” (“Borrar calibración anterior”) y presionar OK, se puede borrar los datos de calibración y restaurar los datos por defecto.

NOTAS: Es importante borrar los datos de la calibración anterior cada vez que se cambia el electrodo de pH y después del procedimiento de limpieza.

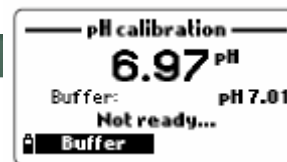
Cuando se efectúa una calibración en 3 puntos, todos los datos anteriores son sobrescritos. Si se efectúa una calibración en 1 ó 2 puntos, el medidor utilizará los datos anteriores para aquellos datos omitidos.

4.2.1 Preparación

Vierta una pequeña cantidad de soluciones buffer en los vasos de calibración. Si es posible, utilice un vaso plástico para minimizar cualquier interferencia de EMC. Para una calibración precisa y para minimizar la contaminación, utilice dos vasos para cada solución buffer. Uno para enjuagar el electrodo y el otro para la calibración.

4.2.2 Procedimiento

Durante la calibración, la pantalla principal muestra los valores de la medición actual y la pantalla secundaria muestra los valores del buffer.

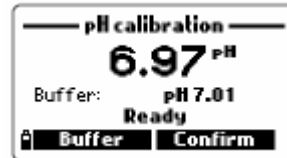


Al presionar la tecla de función BUFFER es posible cambiar el valor del buffer o insertar un buffer personalizado

Calibración de uno a tres puntos

- Sumerja la sonda en el buffer escogido y revuelva suavemente. En la pantalla aparecerán los valores actuales de pH y del buffer, y el mensaje "Not ready".

- Cuando la lectura se estabiliza y se acerca al buffer seleccionado, la pantalla muestra "Ready".



- Presione CONFIRM para aceptar el valor o presione BUFFER para escoger con las flechas otro valor de buffer.

- Después de confirmar el primer punto de calibración, sumerja la sonda en la segunda solución buffer y revuelva cuidadosamente.

- Cuando la lectura se estabiliza y se acerca al buffer seleccionado, la pantalla muestra el mensaje "Ready".

- Presione CONFIRM para aceptar el valor, o BUFFER para cambiar el valor del buffer.

- Después de confirmar el segundo punto de calibración, proceda como se explicó anteriormente y sumerja la sonda en la tercera solución buffer, revolviendo suavemente, y espere que la medición se estabilice.

- Al terminar la calibración, aparecerán los siguientes mensajes: "Storing data on probe, please wait..." ("Almacenando datos en la sonda, espere por favor..."), "Updating GLP data, please wait..." ("Actualizando los datos GLP, espere por favor...") y "Calibration completed" ("Calibración completa").

- Presione OK para cerrar el último mensaje y regresar al menú de calibración.

- Para volver desde el menú de calibración al menú principal, presione ESC repetidamente.

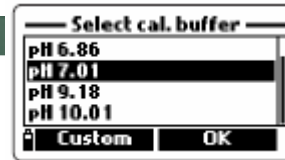
NOTA: El usuario puede salir del modo de calibración de pH en cualquier momento, después de 1 ó 2 confirmaciones de tampones, presionando la tecla ESC.

Calibración de buffer personalizado

HI 9828 permite un punto de calibración con un valor de buffer personalizado, determinado

por el usuario.

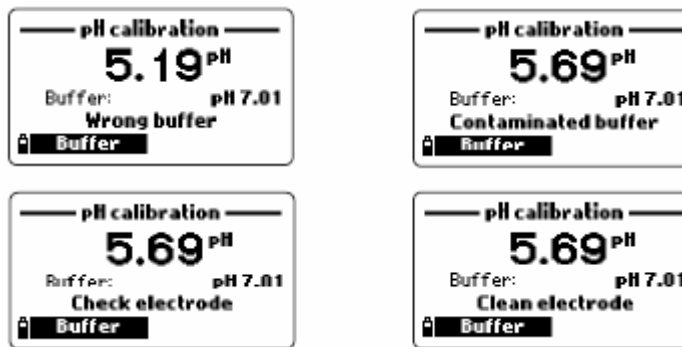
- Para escoger esta opción, cuando el medidor esté esperando que se establezca una medición, presione la tecla BUFFER y luego presione CUSTOM.



- La pantalla mostrará una ventana con un cuadro de texto para ingresar el valor que se desea. El rango válido para tampones personalizados es desde 0,00 hasta 14,00 pH.

4.2.3 Lista de error

Si durante la calibración de pH la medición se estabiliza, pero el medidor no acepta el valor, aparece un pequeño mensaje en la pantalla, indicando el posible origen del error, como se muestra en los siguientes ejemplos:



Los posibles mensajes son:

“Input out of scale” (“Entrada fuera de la escala”): el pH está fuera de la escala.

“Wrong buffer” (“Buffer erróneo”): este mensaje aparece cuando la diferencia entre la lectura de pH y el valor del buffer elegido es demasiado alta. Si aparece este mensaje de error, asegúrese de que haya elegido el buffer de calibración adecuado.

“Invalid temperature” (“Temperatura inválida”): este mensaje aparece si la temperatura del buffer está fuera del rango de temperatura del buffer definido.

“Wrong & contaminated buffer/ check electrode” (“Buffer erróneo & contaminado/ revise el electrodo”): este mensaje aparece cuando el Buffer utilizado está contaminado o cuando el electrodo está quebrado o muy sucio.

“Wrong & check electrode/ clean electrode” (“Electrodo erróneo & revise el electrodo/ limpie el electrodo”): este mensaje aparece cuando el electrodo está quebrado o muy sucio.

“Wrong & clear old calibration” (“Error & borre la calibración antigua”): este mensaje aparece como resultado de una condición de curva errónea. Si la curva entre el punto de calibración actual y una de la calibración anterior, que no fue anulada en la calibración actual, excede la ventana de curva (80% a 110%), aparecerá este mensaje. Además, al lado derecho aparecerá la tecla de función CLEAR. Presione CLEAR para borrar los parámetros antiguos y continuar el proceso de calibración o presione ESC para salir de la calibración.

4.3 CALIBRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTUO

Si se calibra el rango de saturación de O.D., también se calibrará el rango de concentración de O.D., y viceversa.

El valor de saturación de O.D. es el resultado de una comparación entre la concentración de oxígeno en el aire (100%) y en el agua, por lo tanto, se aconseja calibrar la sonda cerca del área donde se efectuarán las mediciones para obtener mejor precisión.

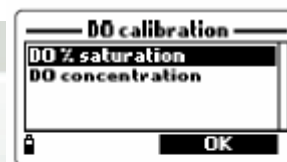
Note también que los valores de concentración de O.D. están basados en el porcentaje de saturación de O.D., temperatura, salinidad y presión atmosférica, por lo tanto, se recomienda utilizar una solución estándar o un medidor de O.D. de referencia para comparar las lecturas durante la calibración.

La calibración del porcentaje de saturación de O.D. se puede efectuar en 1 ó 2 puntos estándar (0% y 100%), o en un solo punto especial (50 a 500%).

La calibración de concentración de O.D. se puede efectuar en un solo punto personalizado (4 a 50 mg/L).

4.3.1 Procedimiento

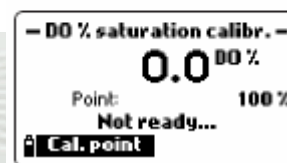
Después de escoger el modo de calibración de O.D. en el menú de calibración principal, escoja con las flechas el tipo de calibración y luego presione OK.



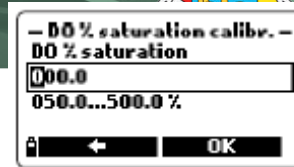
% de saturación de O.D.

Esta calibración comienza por defecto en 100%.

- Llene el vaso de la sonda con 4mm (5/32") aproximadamente de agua destilada y atomille la sonda.
- Aparecerá el mensaje NOT READY hasta que el valor se estabiliza.
- Para cambiar el punto de calibración estándar, presione CAL.POINT.



- Para ingresar un valor de calibración diferente, después de presionar CAL. POINT, presione también CUSTOM e ingrese con el teclado el valor que desee.

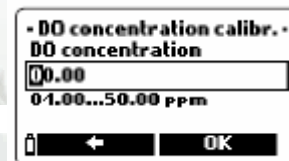


- Cuando la lectura se estabilice, aparecerá READY y CONFIRM. Presione CONFIRM para aceptar el punto de calibración.
- Después de confirmar el primer punto de calibración, ubique la sonda en solución estándar de saturación 0% O.D. y espere hasta que se estabilice la lectura.
- Presione CONFIRM para aceptar el punto de calibración.
- Cuando termine la calibración aparecerán los siguientes mensajes: "Storing data on probe, please wait..." ("Almacenando datos en la sonda, espere por favor..."), "Updating GLP data, please wait..." ("Actualizando datos de GLP, espere por favor...") y "Calibration completed" ("Calibración completa").
- Presione OK para volver al menú de calibración.
- Para regresar al menú principal, desde el menú de calibración, presione ESC repetidamente.
- NOTAS: El usuario puede efectuar un solo punto de calibración con valores estándar.
 - Para suspender la calibración después de aceptar el primer punto, presione ESC.
 - Si la entrada de O.D. no está dentro del rango aceptable, se mostrará el mensaje "INVALID INPUT" ("Entrada inválida")

Concentración de O.D.

Para calibrar la concentración de O.D., se necesita una solución con una concentración conocida.

- En el menú de calibración de O.D., elija "DO concentration" ("Concentración de O.D.").
- Ingrese el valor conocido y presione OK.
- Cuando la temperatura se estabilice, aparecerá CONFIRM; presione CONFIRM para aceptar el valor.

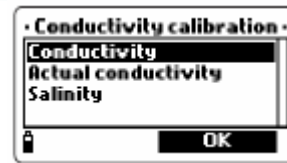


- Cuando aparecen los mensajes: "Storing data on probe, please wait..." ("Almacenando datos en la sonda, espere por favor..."), "Updating GLP data, please wait..." ("Actualizando datos de GLP, espere por favor...") y "Calibration completed" ("Calibración completa"), la calibración habrá terminado y el usuario puede volver al menú de calibración principal presionando OK o al menú principal presionando ESC repetidamente.

• 4.4 CALIBRACIÓN DE CONDUCTIVIDAD

Para una correcta calibración de conductividad, la funda de la sonda debe estar siempre conectada.

El menú de calibración de conductividad ofrece 3 tipos de calibración: Conductividad (Conductivity), Conductividad real (Actual conductivity) y Salinidad (Salinity).



La opción “Conductivity” (“Conductividad”) permite calibrar en un punto con una solución estándar a opción del usuario. Esta calibración tiene compensación de temperatura.

La opción “Actual conductivity” (“Conductividad Real”) permite una calibración de rutina con una solución de conductividad real conocida (sin compensación de temperatura). Esta opción es útil para calibrar sin saber los efectos de la temperatura en las lecturas.

La opción “Salinity” (“Salinidad”) permite efectuar calibraciones con una solución de salinidad estándar.

Los 3 rangos están relacionados, si se calibra uno de ellos, también se calibran los otros.

4.4.1 Procedimiento

Después de elegir el modo de calibración de conductividad en el menú de calibración principal, elija el tipo de calibración con las flechas y presione OK.

Conductividad

- Llene un vaso con una solución estándar de conductividad (consulte la sección de ACCESORIOS).
- Sumerja la sonda con la funda en la solución y espere que se estabilice la medición.
- El medidor mostrará la lectura real en la pantalla primaria y el valor estándar en la secundaria.

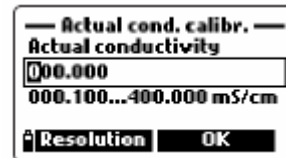


- Para cambiar el valor estándar, presione CAL. POINT. En la pantalla aparecerán los posibles valores de las soluciones estándar. Los valores disponibles son: 84µS/cm, 1413 µS/cm, 5,00 mS/cm, 12,88 mS/cm, 80,0 mS/cm y 111,8 mS/cm

- Al presionar CUSTOM también se puede ingresar un valor y resolución de conductividad deseados (valor de conductividad compensada).
- Cuando la lectura se estabilice, presione CONFIRM para aceptar el valor.
- Después de confirmar, en la pantalla aparecerán los siguientes mensajes: “Storing data on probe, please wait...” (“Almacenando datos en la sonda, espere por favor...”), “Updating GLP data, please wait...” (“Actualizando datos GLP, espere por favor...”) y “Calibration complete” (“Calibración completa”).
- Presione OK para cerrar el último mensaje y volver al menú de calibración principal.
- Para volver al menú principal, desde el menú de calibración, presione ESC repetidamente.

Conductividad Real

- Seleccione la opción Actual Conductivity (Conductividad Real) y presione OK.
- Ingrese el valor de conductividad y determine su resolución.
- Sumerja la sonda con la funda en la solución de conductividad y espere que se estabilice la lectura.

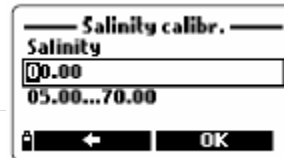


- Cuando la lectura se estabilice, presione CONFIRM para aceptar el valor.
- Presione OK o ESC para volver al menú de calibración o al menú general respectivamente.

Salinidad

Seleccione la opción Salinity y presione OK.

- Ingrese el valor de salinidad y determine su resolución.

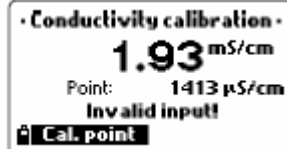


- Sumerja la sonda con la funda en la solución conocida y espere que se estabilice la lectura.
- Cuando la lectura se estabilice, presione CONFIRM para aceptar el valor.
- Presione OK o ESC para volver al menú de calibración o al menú principal respectivamente.

NOTAS: Estos 3 tipos de calibración determinan los valores de curva. Para calibrar la compensación, repita el procedimiento con el punto de calibración en 0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Si la entrada de temperatura no está dentro del rango aceptable (0-50°C), se mostrará el mensaje “Invalid temperature” (“Temperatura inválida”).

Si la entrada de Conductividad no está dentro del rango aceptable, se mostrará el mensaje "INVALID INPUT" ("Entrada inválida").

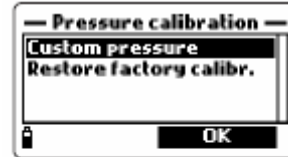


4.5 PRESIÓN ATMOSFÉRICA

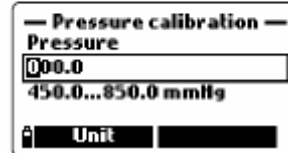
Es necesario contar con un barómetro de referencia. Durante la calibración, se permite un máximo de diferencia de 40 mbar entre la lectura actual y el punto de calibración.

4.5.1 Procedimiento

Después de elegir el modo de calibración de la presión atmosférica en el menú de calibración, elija el tipo de calibración con las flechas y luego presione OK.

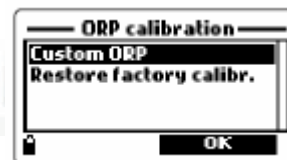


- Seleccione la unidad de medida e ingrese el valor de la presión con el teclado.
- Presione OK y espere que se establezca la medición.
- Cuando se establezca la lectura, presione CONFIRM para aceptar el valor.
- Presione OK o ESC para volver a la calibración o al menú principal respectivamente.
- Para restaurar la calibración de fábrica, seleccione esta opción en el menú de calibración de presión y luego presione OK.



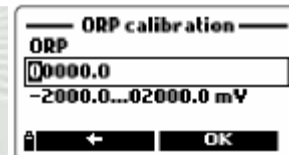
4.6 CALIBRACIÓN DE ORP

Se puede calibrar a un punto personalizado o restaurar la calibración de fábrica.



4.6.1 Procedimiento

- Llene un vaso con solución ORP (consulte el capítulo ACCESORIOS).
- Seleccione "CUSTOM ORP" (ORP Personalizado) y presione OK.
- Ingrese el valor de la solución con el teclado y presione OK.
- Cuando la temperatura se estabilice, presione CONFIRM para aceptar la calibración.



Presione OK o ESC para volver al menú de calibración o al menú principal respectivamente.

- Para restaurar la calibración de fábrica, elija esta opción en el menú de calibración y luego presione OK.

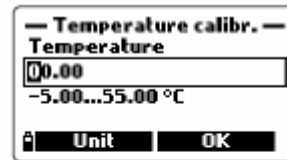
4.7 CALIBRACIÓN DE TEMPERATURA

La temperatura del medidor viene calibrada de fábrica.

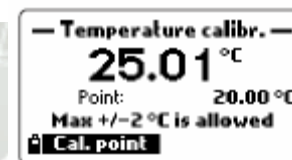
Si fuera necesario, se puede calibrar la temperatura según se indica a continuación.

4.7.1 Procedimiento

- Ponga la sonda en el baño termostático.
- Seleccione Temperatura en el menú de calibración principal del medidor y presione OK para ingresar la calibración de la temperatura.
- Seleccione la unidad de medida de la temperatura (°C, °F o K) e ingrese la temperatura del baño (leída por un termómetro de referencia).
- Cuando la lectura se estabilice, en la pantalla aparecerá READY y CONFIRM.
- Presione CONFIRM para aceptar la calibración.
- Aparecerán los siguientes mensajes en la pantalla: "Storing data on probe, please wait..." ("Almacenando datos en la sonda, espere por favor..."), "Updating GLP data, please wait..." ("Actualizando datos GLP, espere por favor...") y "Calibration complete" ("Calibración completa").
- Presione OK para cerrar el último mensaje y regresar al menú de calibración.
- Para volver al menú principal, desde el menú de calibración, presione ESC repetidamente.



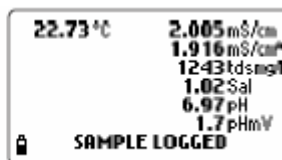
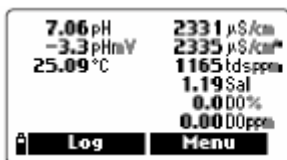
NOTA: El medidor permite una diferencia máxima de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ entre la lectura actual y el valor determinado. Si no se cumple esta condición, aparecerá el mensaje "Max +/-2°C is allowed" ("Máx. +/-2°C es permitido).



HI 9828 puede memorizar hasta 60.000 muestras en 100 registros diferentes. El valor 60.000 se alcanza cuando no se utilizan comentarios. Cuando se utilizan comentarios, disminuye la cantidad máxima de mediciones, pero en la práctica nunca será menor a 50.000.

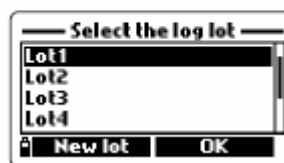
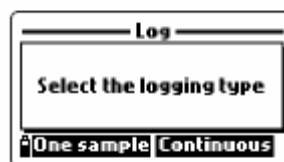
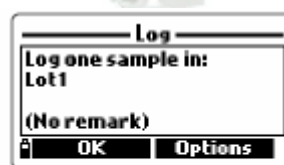
5.1 REGISTRO

- En el modo de medición, presione LOG para memorizar las lecturas habilitadas.
- El medidor preguntará dónde almacenar las lecturas. Presione OK para aceptar el registro propuesto.
- La pantalla mostrará “SAMPLE LOGGED” (“Muestra registrada”) y volverá al modo de medición.



5.1.1 Opciones de registro

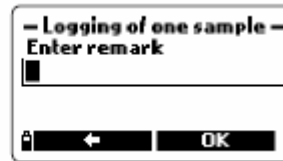
- Para ingresar otra información relacionada con el valor registrado o para seleccionar el modo de registro continuo, presione OPTIONS y aparecerá una secuencia de preguntas:
- Logging type, ONE SAMPLE or CONTINUOUS (Tipo de registro, UNA MUESTRA o CONTINUO): presione una de las teclas de función para elegir la opción deseada.
- Where to save the readings (Dónde guardar las lecturas): desplácese con las flechas para elegir un registro existente y presione OK para aceptar, o presione NEW LOT para crear un nuevo registro; aparecerá un cuadro de texto para ingresar el código deseado. Utilice el teclado para ingresar el código y luego presione OK.



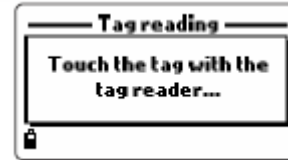
Si el código ingresado ya existe, aparecerá el mensaje “The file already exists! Insert a different file name” (“El archivo ya existe. Ingrese un nombre diferente”). Presione OK para ingresar un nombre diferente.

Add a remark (Ingresar un comentario): presione YES o NO. Si se presiona YES y ya existe una lista de comentarios, se puede elegir la anotación deseada o presione NEW para ingresar un nuevo comentario; aparecerá un cuadro de texto para ingresar una nota para la muestra registrada.

-
-
-
-



- Tag reading (Lectura de tag): la última opción permite asociar la muestra registrada a un Tag. Aparecerá "Touch the tag with the tag reader" ("seleccione el tag con el lector de tag). Presione SKIP si no existen tags disponibles.



- Al seleccionar el tag, aparece la ID relativa. Si no hay ID asociada al tag, aparecerá el número de serie.

- Presione TAG ID para ingresar un código de identificación para el tag utilizado, y luego presione OK.

NOTAS: Es posible crear la lista de registro y los comentarios relativos antes de tomar las mediciones y de registrar. Consulte Configuración de los datos registrados en el párrafo 5.2.

Se puede suspender el procedimiento de registro en cualquier momento, presionando repetidamente la tecla de función ESC.

En caso de efectuar registro continuo, la colección de datos comenzará después de confirmar las últimas opciones, en cambio, cuando se trata de un solo registro, los datos serán almacenados después de presionar LOG.

5.2 CONFIGURACIÓN DE LOS DATOS REGISTRADOS

Para determinar los registros, ingresar comentarios, revisar datos registrados o graficados y también para borrar registros, desde el menú principal seleccione con las flechas LOG DATA.



Aparecerá una lista de las funciones disponibles.

5.2.1 Registros

Esta opción permite ingresar un nuevo registro o escoger el registro donde almacenar la siguiente muestra.

- Desplácese con las flechas para elegir el registro deseado y luego presione OK.

- Alternativamente, presione NEW LOT para crear un nuevo registro e ingrese el nombre de identificación. Aparecerá un cuadro de texto; ingrese con el teclado el nombre deseado. Presione OK para confirmar.

NOTA: en la línea superior de la pantalla, el medidor visualiza el porcentaje del espacio de memoria libre, por ejemplo "Data lots (free:100%)".

- Después de presionar OK, el medidor visualiza todos los datos relacionados con el registro seleccionado: cantidad de muestras, espacio de memoria utilizado, hora y fecha de la primera y la última lectura.

- Al presionar OPTIONS, aparecerá una pantalla de 3 opciones:

VIEW (VISTA) para visualizar las lecturas relativas al registro indicado; PLOT (GRÁFICO) para visualizar el gráfico correspondiente; DELETE (BORRAR) para borrar el registro seleccionado.

NOTA: la primera línea de las 3 opciones de la pantalla informa el nombre del registro.

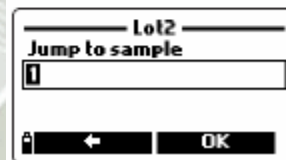
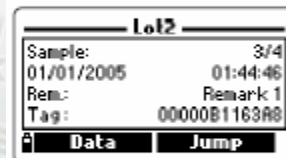
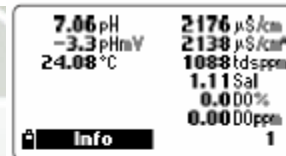
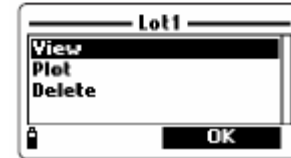
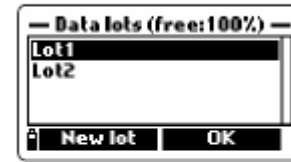
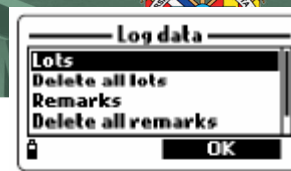
Vista

- Al presionar VIEW se muestran los detalles de las muestras. Presione las flechas para cambiar el número de muestra en el registro seleccionado. El número de la muestra aparece en la esquina superior izquierda de la pantalla.

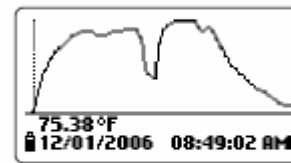
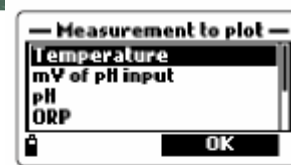
- Presione INFO para visualizar el número de muestras, hora y fecha, comentario y tag de ID o número de serie (si existe).

- Presione DATA para volver a la pantalla anterior o JUMP para escoger otra muestra en el mismo registro. Si presiona JUMP, aparece un cuadro de texto; ingrese el número de muestra deseado.

- Presione ESC para volver al menú de 3 opciones

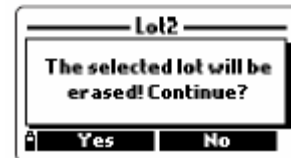


- Al presionar PLOT aparece la lista completa de los parámetros del registro.
- Desplácese con las flechas para escoger el parámetro deseado y luego presione OK para visualizar el gráfico.
- Con las flechas, es posible mover el cursor para iluminar una muestra del registro, los datos de la muestra aparecen en la parte inferior del gráfico.
- Presione ESC para volver a la lista de parámetros
- Presione ESC nuevamente para regresar al menú de 3 opciones.



Eliminar

- Aparece el mensaje "The selected lot will be erased! Continue?" ("¿Se eliminará el registro seleccionado!, ¿Continuar?"); presione YES para eliminar o NO para volver a la pantalla anterior.



NOTA: Para regresar al menú de registro de datos (LOG DATA) presione ESC repetidamente.

5.2.2 Eliminar todos los registros

- Aparece el mensaje "All stored log data will be erased! Continue?" ("¿Se eliminarán todos los datos de los registros almacenados!, ¿Continuar?"); presione YES para eliminar o NO para volver a la pantalla anterior.

5.2.3 Comentarios

Se puede asociar un comentario a cada muestra.

- Para agregar un comentario, desplácese con las flechas para iluminar la entrada REMARKS (COMENTARIOS) y presione OK.
- Presione NEW para ingresar un nuevo comentario; aparecerá un cuadro de texto donde puede ingresar la información que desea.
- Presione DELETE para cancelar un comentario existente.



NOTA: Durante el registro es posible asociar la lectura a un comentario escogido desde la lista de comentarios creados previamente o a un nuevo comentario. Consulte el párrafo 5.1.1 "Opciones de registro".

5.2.4 Eliminar todos los comentarios

- Para eliminar todos los comentarios ingresados, seleccione con las flechas la entrada relativa y presione OK.

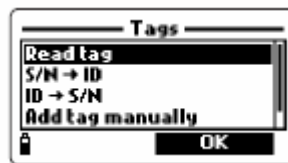
En la pantalla aparecerá el mensaje “All stored remarks will be erased! Continue?” (“¡Se eliminarán todos los comentarios grabados!, ¿Continuar?”); presione YES para eliminar o NO para volver a la pantalla anterior.



5.2.5 Tags

Lectura de tag

- Seleccione READ TAG para asociar la lectura al tag seleccionado; después de unos pocos segundos aparecerá la información del tag.

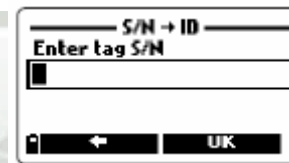


Presione MODIFY para cambiar la información del tag o presione OK para aceptar.

S/N → ID

En este menú se puede ver el código de ID asociado a un número de serie de un tag.

- Seleccione S/N → ID y presione OK.
- Ingrese el número de serie con el teclado y luego presione OK.
- Aparecerá la pantalla de información del tag. Presione OK para volver a la pantalla anterior o MODIFY para modificar la ID del tag.

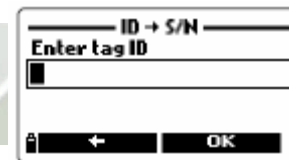


- Si no se almacena en la memoria el S/N escrito, aparece el mensaje de aviso “This tag S/N is not stored in memory” (“Este S/N de tag no está almacenado en la memoria”).

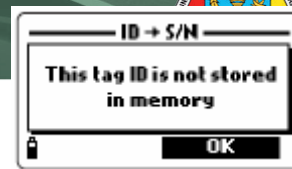
ID → S/N

En este menú se puede ver el número de serie relacionado a una ID.

- Seleccione ID → S/N y presione OK.



- Ingrese el número de identificación con el teclado y luego presione OK.



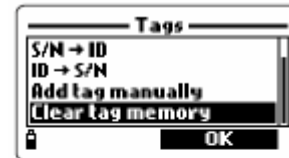
- Aparecerá la pantalla de información del tag. Presione OK para volver a la pantalla anterior o MODIFY para modificar la ID del tag.

NOTA: Si la ID ingresada no se encuentra presente en la memoria, aparece un mensaje de aviso.

Agregar un tag manualmente

Se puede agregar un nuevo tag a la lista aún si el tag no está disponible.

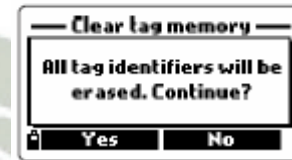
- Seleccione la opción y presione OK.
- Ingrese el número de serie del tag con el teclado y luego presione OK.



Limpiar la memoria del tag

Se puede borrar completamente la memoria del tag.

- Seleccione la entrada "Clear tag memory" ("Limpiar la memoria del tag") y presione OK.
- Aparecerá el mensaje "All tag identifiers will be erased. Continue?" ("Se borrarán todos los identificadores de tag, ¿Continuar?").
- Presione YES para borrar o NO para volver a la pantalla anterior.



Para volver al modo de medición presione ESC repetidamente.

GLP (Buenas prácticas de laboratorio) es un conjunto de funciones que permite el almacenamiento o recuperación de datos respecto a la calibración de la sonda.

Esta característica permite también asociar una lectura a “datos certificados” (soluciones estándar, medidas de referencia, etc.) instalados en el medidor durante el procedimiento de calibración.

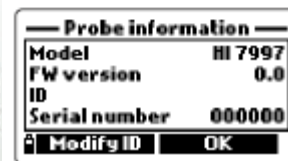
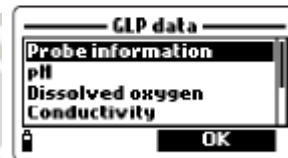
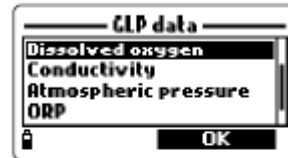
Para visualizar los datos GLP, mientras está en el modo de medición, presione la tecla de función MENU y desplácese con las flechas para iluminar la entrada “GLP data” (“Datos GLP”).

Aparecerá una lista completa de los parámetros disponibles; ilumine la entrada deseada con las flechas y presione OK para visualizar la información relativa.

NOTA: Cuando no hay datos de calibración disponibles para el parámetro seleccionado, aparece el mensaje “No GLP data available for this measurement”. (“No existen datos GLP disponibles para esta medición”) Presione OK para volver a la pantalla anterior.

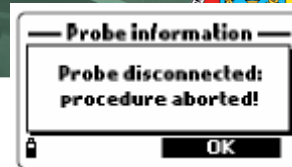
6.1 INFORMACIÓN DE LA SONDA

- Para visualizar la información de la sonda, ilumine la entrada y presione OK.
- Aparece la información de la sonda: modelo, versión del firmware, ID y número de serie.
- Presione OK para volver a la pantalla anterior o MODIFY ID para cambiar el código de identificación.
- Al presionar MODIFY ID aparecerá un cuadro de texto: utilice el teclado para cambiar el código y luego presione OK.
- Aparecerán los mensajes “Storing data on probe, please wait...” y “Data successfully stored on probe” (Almacenando datos en la sonda, espere por favor...” y “Datos almacenados exitosamente en la sonda”).
- Presione OK para volver a la pantalla de información de la sonda.



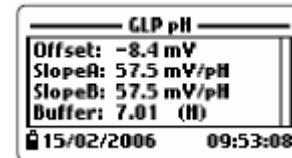
NOTAS: Si la sonda no está conectada, aparece un mensaje de aviso.

Para salir sin guardar cambios, presione ESC para volver a la pantalla anterior.



6.2 pH

- Desde el menú principal de datos GLP, seleccione la entrada pH y presione OK.
- Aparece toda la información relativa a la última calibración de pH: compensación, curva de acidez, curva básica, buffers utilizados, hora y fecha de procedimiento.
- Con las flechas se puede desplazar por los últimos 5 datos de calibración almacenados



NOTAS: La letra C cerca del valor del buffer indica un punto personalizado y la letra H es para lo valores estándares de Hanna.

Si se realizó una calibración rápida los valores de buffer son reemplazados con la calibración rápida.

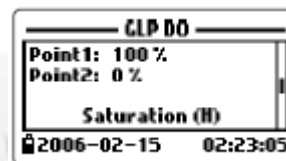
Si se limpia la calibración, los valores para la compensación y la curva son los valores por defecto y aparece el mensaje "Old calibration cleared".

- Presione ESC para volver al menú principal de datos GLP.

6.3 OXÍGENO DISUELTO

Desde el menú principal de datos GLP, seleccione la entrada Dissolved Oxygen (Oxígeno Disuelto) y presione OK.

- Aparecerá toda la información relativa a la última calibración de OD: puntos calibrados, % de saturación o concentración, hora y fecha.
- Con las flechas se puede desplazar por los últimos 5 datos de calibración almacenados



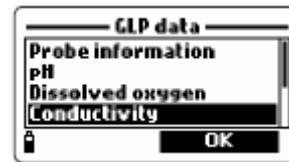
Para los datos de calibración GLP de O.D. hay 3 tipos de pantalla: una para calibración en 2 puntos de porcentaje de O.D., una para calibración en 1 punto de porcentaje de O.D. y una para calibración de concentración de O.D.

NOTAS: La letra C cerca de los puntos de calibración indica "personalizado" (por su inicial en inglés: custom) y la letra H indica Hanna.

Cuando se calibra la saturación del porcentaje de O.D., también se calibra la concentración de O.D. como resultado y viceversa.

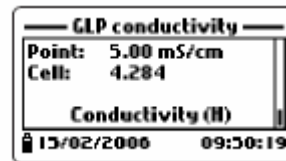
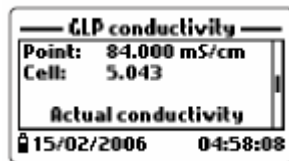
6.4 CONDUCTIVIDAD

- Desde el menú principal de GLP, seleccione la entrada Conductivity y presione OK. En este menú se puede visualizar los datos de calibración para conductividad, conductividad real y salinidad.



- Aparece toda la información relativa a la última calibración de conductividad: el punto calibrado, el valor constante de celda, el tipo de calibración (conductividad, conductividad real o salinidad), hora y fecha.
- Con las flechas se puede desplazar por las últimas 5 calibraciones almacenadas

Para los datos de calibración GLP de Conductividad, existen diferentes tipos de pantalla: conductividad, conductividad real y salinidad.

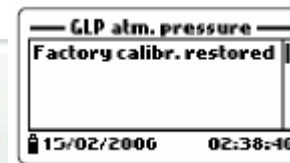


NOTAS: La letra C cerca del punto de calibración corresponde a “personalizado” y la letra H corresponde a Hanna.

6.5 PRESIÓN ATMOSFÉRICA

- Desde el menú principal de datos GLP, seleccione la entrada Atmospheric pressure (Presión atmosférica) y presione OK.

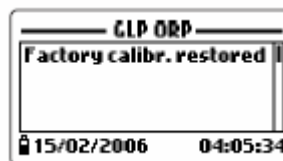
Aparecerá toda la información relativa a la última calibración de presión atmosférica: punto de calibración personalizado, hora y fecha; el mensaje “Factory calibr. restored” (“Calibración de fábrica recuperada”) en el caso de restaurar los datos de calibración de fábrica



- Con las flechas se puede desplazar por las últimas 5 calibraciones.

- Desde el menú principal de datos GLP, seleccione la entrada ORP y presione OK.

• Aparecerá toda la información relativa a la última calibración de ORP: punto calibrado, fecha y hora; el mensaje "Factory calibr. restored" ("Calibración de fábrica recuperada") en el caso de restaurar los datos de calibración de fábrica.

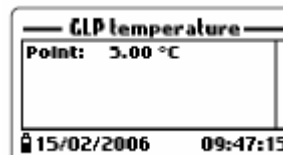


- Con las flechas se puede desplazar por las últimas 5 calibraciones almacenadas.

6.7 TEMPERATURA

- Desde el menú principal de datos GLP, seleccione la entrada Temperature y presione OK.

• Aparecerá toda la información relativa a la última calibración de temperatura: punto calibrado, fecha y hora.



- Con las flechas se puede desplazar por las últimas 5 calibraciones almacenadas.



Capítulo 7 – MODO CONEXIÓN A PC

Los datos registrados pueden ser transferidos a un PC a través del conector USB HI 7698281 y el software de aplicación compatible con Windows® HI 92000.

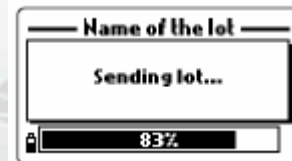
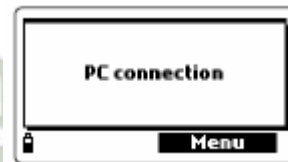
HI 92000 le permite utilizar las poderosas habilidades de la mayoría de los programas de hoja de cálculo (por ejemplo, Excel®, Lotus 1-2-3®). Simplemente abra su archivo descargado por HI 92000 desde su programa de hoja de cálculo y luego se puede hacer cualquier aplicación disponible con su software (por ejemplo: gráficos, análisis estadísticos). HI 92000 ofrece una variedad de características y otorga asistencia on line para ayudarle en cualquier circunstancia.

7.1 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE

- Inserte el CD en el lector de CD del PC.
- La ventana de menú del software debería iniciarse automáticamente; (Si no se inicia, vaya a la carpeta “software” en el CD y haga doble clic en “setup.exe”); haga clic en “Install software” y siga las instrucciones.

7.2 CONEXIÓN A PC

- Con el medidor apagado, desconecte la sonda.
- Conecte el cable USB al medidor y al Puerto USB del PC.
- Encienda el medidor; aparecerá el mensaje “PC connection”.
- Ejecute el software de aplicación HI 92000, seleccione el número de puerto COM dentro de “Settings window” (“Ventana de Ajustes”) y luego presione CONNECT.
- HI 92000 descargará los datos registrados y en el monitor del PC aparecerá una ventana con los datos GLP y una ventana con el registro almacenado.
- En la pantalla del medidor, durante la descarga, se visualiza la información del porcentaje de transferencia.



NOTA: Para verificar el número de puerto USB, después de conectar el cable, presione INICIO en la barra de tareas de Window®.

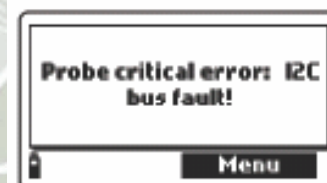
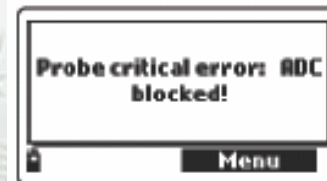
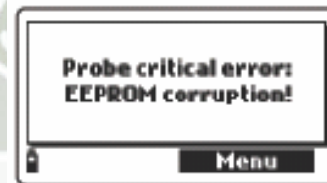
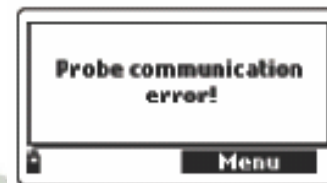
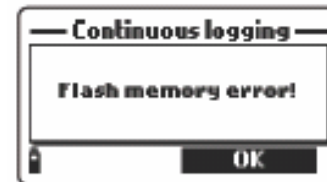
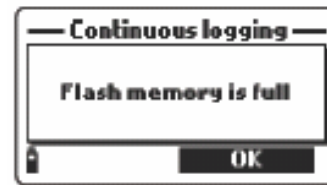
En el menú principal seleccione “Configuración” y luego “Panel de control”, “Sistema”, “Hardware”, “Administrador de dispositivos” y “Puertos”. En este último menú cerca del Puerto USB encontrará el número COM.

Let name	Temp	pH	ORP	Cond	DO	Pres
1	17.0	7.0	130	140	7.0	100
2	17.0	7.0	130	140	7.0	100
3	17.0	7.0	130	140	7.0	100
4	17.0	7.0	130	140	7.0	100
5	17.0	7.0	130	140	7.0	100
6	17.0	7.0	130	140	7.0	100
7	17.0	7.0	130	140	7.0	100
8	17.0	7.0	130	140	7.0	100
9	17.0	7.0	130	140	7.0	100
10	17.0	7.0	130	140	7.0	100
11	17.0	7.0	130	140	7.0	100
12	17.0	7.0	130	140	7.0	100
13	17.0	7.0	130	140	7.0	100
14	17.0	7.0	130	140	7.0	100
15	17.0	7.0	130	140	7.0	100

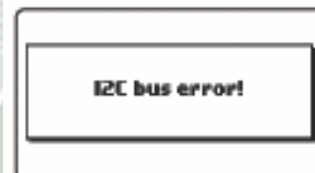
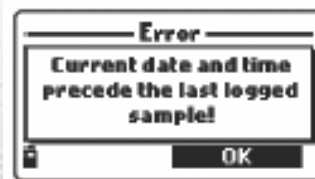
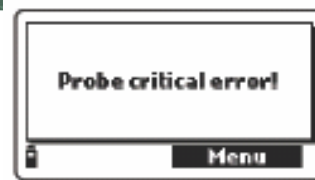
Date	Temp	pH	pHox	ORP	DO %	DO ppm	pHoxA	pHoxA_TOR param
2008-01-11 14:02	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:03	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:04	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:05	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:06	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:07	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:08	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:09	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:10	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:11	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:12	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:13	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:14	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:15	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:16	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:17	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:18	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:19	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:20	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:21	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:22	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:23	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:24	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:25	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:26	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:27	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:28	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:29	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:30	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:31	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:32	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:33	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:34	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:35	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:36	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:37	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:38	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:39	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:40	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:41	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:42	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:43	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:44	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:45	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:46	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:47	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:48	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:49	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:50	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:51	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:52	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:53	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:54	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:55	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:56	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:57	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:58	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 14:59	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100
2008-01-11 15:00	17.0	7.0	130	140	7.0	100	100	100

HI 9828 visualiza una serie de mensajes si se generan errores de la sonda o del medidor. Tome nota de su significado y solución. Para una rápida información, el menú de ayuda está siempre disponible en el medidor.

- “Continuous logging - Flash memory is full”: este mensaje aparece cuando la memoria está llena y no es posible registrar otras lecturas. Presione OK y elimine algunas grabaciones.
- “Continuous logging - Flash memory error!”: este mensaje aparece cuando existe un error en la memoria; presione OK, descargue los datos y elimine los registros. Si el problema persiste, contacte al Centro Hanna más cercano.
- “Probe communication error!”: este mensaje aparece cuando existe un problema de comunicación entre la sonda y el medidor, verifique el conector y el cable; apague el medidor, desconecte y reconecte la sonda. Si el problema persiste, contacte al Centro Hanna más cercano.
- “Probe critical error: EEPROM corruption!”: este mensaje aparece cuando se dañan los datos EEPROM; apague el medidor, desconecte y reconecte la sonda. Si el problema persiste, contacte al Centro Hanna más cercano.
- “Probe critical error: ADC blocked!”: este mensaje aparece cuando el convertidor A/D no responde o está bloqueado; apague el medidor, desconecte y reconecte la sonda. Si el problema persiste, contacte al Centro Hanna más cercano.
- “Probe critical error: I2C bus fault!”: este mensaje aparece cuando una transmisión interna no es reconocida o cuando una falla en el bus ocurre por más de un cierto número de intentos de transmisión unsuccessful; apague el medidor, desconecte y reconecte la sonda. Si el problema persiste, contacte al Centro Hanna más cercano.



- "Probe critical error!": este mensaje aparece cuando existe un error en la sonda que no está relacionado con los anteriores; apague el medidor, desconecte y reconecte la sonda. Si el problema persiste, contacte al Centro Hanna más cercano.
- "None of the enabled measurements is available": este mensaje aparece cuando, en el Modo de Medición, el operador selecciona ciertos parámetros pero el sensor no está conectado en la sonda; apague el medidor, instale los sensores necesarios y continúe con las mediciones.
- "Please disconnect probe from meter before installing or removing any sensor!": este mensaje aparece cuando el operador desconecta un sensor sin desconectar la sonda y apaga el medidor. Para evitar daños a los sensores, apague el medidor antes de cualquier intervención en la sonda.
- "Error - Valid sensors config. is Temp, pH, ORP, Cond., DO, Pressure": en un registro, todas las muestras almacenadas deben tener las mismas lecturas; este mensaje aparece para tratar de cambiar la configuración de las lecturas en un registro con datos almacenados previamente; presione OK y cambie el registro para almacenar los datos.
- "Error - Current date and time precede the last logged sample!": este mensaje aparece cuando en el menú de Configuración del Sistema (System Setup), el operador fija una hora y fecha que no son compatibles con los últimos datos almacenados para el registro seleccionado; presione OK, fije un valor correcto de hora y fecha o grabe el valor deseado en otro registro.
- "I2C bus error!": este mensaje aparece cuando ocurre un problema de hardware en el medidor; apague y encienda el medidor; si el problema persiste, contacte al Centro Hanna más cercano.



HI 9828 se suministra completo con un kit de mantenimiento para la sonda. Este kit incluye HI 7042S (solución electrolítica para sensor de O.D.), 5 O-rings para el sensor de O.D., un cepillo pequeño, 5 O-rings para la sonda multiparamétrica y una jeringa con lubricante para los O-rings.

Mantenimiento General

Después de utilizarla, enjuague la sonda con agua potable y séquela; mantenga húmedo el bulbo del electrodo y secos los sensores de O.D. y EC

Mantenimiento de la sonda de O.D.

Para que la sonda adquiera un rendimiento óptimo, se recomienda reemplazar la membrana cada 2 meses y el electrolito una vez al mes.

Proceda como se indica a continuación:

- Destornille la membrana girándola en sentido contrario a las agujas del reloj.
- Enjuague la membrana de repuesto con una solución electrolítica mientras la bate suavemente. Rellene con electrolito limpio.
- Golpee la membrana suavemente sobre una superficie para asegurar que no haya burbujas de aire.
- Con el sensor boca abajo, atornille la tapa en sentido de las agujas del reloj hasta que se acaben los hilos. Se derramará un poco de electrolito.

Si hay depósitos en los sensores, cepille suavemente la superficie del sensor con el cepillo que se incluye, pero ponga atención de no dañar el cuerpo plástico.

Mantenimiento de la sonda de pH

- Saque la tapa protectora. NO SE ALARME SI HAY DEPÓSITOS DE SAL. Esto es normal en los electrodos y desaparecerán al enjuagarlo con agua.
- Agite el electrodo hacia abajo como lo haría con un termómetro clínico para eliminar las burbujas de aire que pudieran quedar en el bulbo de vidrio.
- Si el bulbo y/o la unión está(n) seco(s), remoje el electrodo en la Solución de Almacenamiento HI70300 durante una hora por lo menos.
- Para minimizar los atascos y asegurar un tiempo de respuesta rápido, debe mantener húmedos el bulbo de vidrio y la unión, y no permita que se sequen.

Vuelva a colocar la solución en la tapa protectora con unas pocas gotas de Solución de Almacenamiento HI70300. También se puede utilizar agua corriente por un periodo corto (un par de días).

NUNCA ALMACENE EL ELECTRODO EN AGUA DESTILADA.

- Examine que el electrodo no esté rallado ni agrietado. Si lo estuviese, cambie el electrodo.
- Procedimiento de limpieza: limpie frecuentemente la sonda con las soluciones de limpieza HI 70670 o HI 70671, remojándola durante 1 minuto. Después de efectuar este procedimiento, remoje el electrodo en la Solución de Almacenamiento HI 70300 antes de hacer las mediciones.

Mantenimiento de la sonda de EC

Después de cada serie de mediciones, enjuague la sonda con agua corriente.

Si se necesita una limpieza más minuciosa, limpie la sonda con el cepillo o con un detergente no abrasivo.

Después de limpiar la sonda, siempre debe recalibrar el instrumento.



HI 9828 ACCESORIOS

HI 769828PH	sensor de pH, unión simple, no rellenable
HI 769828PHO	sensor de pH/ORP
HI 769828DO	sensor de OD/Temperatura
HI 769828EC	sensor de EC
HI 9828-25	Solución de calibración rápida, 500 mL
HI 9828-27	Solución de calibración rápida, 1 G
HI 7698281	Cable de interfaz USB
HI 92000	Software de aplicación
HI 920005	i-Button© con soporte (5 pcs)
HI 7698282	Kit de mantenimiento de la sonda
HI 7698283	Vaso de calibración
HI 7698284	Celda de flujo
HI 710045	Cable de alimentación
HI 710046	Cable adaptador para encendedor de auto de 12V
HI 710005	Enchufe adaptador para EE.UU., 115 Vac a 12 Vdc
HI 710006	Enchufe adaptador para Europa, 230 Vac a 12 Vdc
HI 710012	Enchufe adaptador para Reino Unido, 230 Vac a 12 Vdc
HI 710013	Enchufe adaptador para Sudáfrica, 230 Vac a 12 Vdc
HI 710014	Enchufe adaptador para Australia, 230 Vac , 12 Vdc

SOLUCIONES BUFFER DE PH

HI 5004	Solución buffer pH 4,01; botella de 500ml
HI 5046	Solución buffer pH 4,63; botella de 500ml
HI 5005	Solución buffer pH 5,00; botella de 500ml
HI 5006	Solución buffer pH 6,00; botella de 500ml
HI 5068	Solución buffer pH 6,86; botella de 500ml
HI 5007	Solución buffer pH 7,01; botella de 500ml
HI 5074	Solución buffer pH 7,41; botella de 500ml
HI 5008	Solución buffer pH 8,00; botella de 500ml
HI 5009	Solución buffer pH 9,00; botella de 500ml
HI 5091	Solución buffer pH 9,18; botella de 500ml
HI 5010	Solución buffer pH 10,01; botella de 500ml

HI 7020L	Solución para ensayo ORP a 200/275mV @ 20°C, botella de 500ml
HI 7021L	Solución para ensayo ORP a 240mV @ 20°C, botella de 500ml
HI 7022L	Solución para ensayo ORP a 470mV @ 20°C, botella de 500ml
HI 7091L	Solución de pretratamiento reductor, botella de 500ml
HI 7092L	Solución de pretratamiento oxidante, botella de 500ml

SOLUCIONES DE OXÍGENO DISUELTO

HI 7040L	Solución de Oxígeno Cero, botella de 500ml
HI 7042S	Solución de electrolito, botella de 30ml

SOLUCIONES BUFFERS DE CONDUCTIVIDAD

HI 7030L	Solución estándar 12880 $\mu\text{S}/\text{cm}$, botella de 500ml
HI 7031L	Solución estándar 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$, botella de 500ml
HI 7033L	Solución estándar 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$, botella de 500ml
HI 7034L	Solución estándar 80000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, botella de 500ml
HI 7035L	Solución estándar 111800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, botella de 500ml
HI 7039L	Solución estándar 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, botella de 500ml

SOLUCIONES DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE SONDA

HI 70670L	Solución de limpieza para depósitos de sal, botella de 500ml
HI 70671L	Solución de limpieza y desinfección para algas, hongos y bacterias, botella de 500ml
HI 70300	Solución de almacenamiento de electrodo, 500ml

Todos los medidores de Hanna Instruments están garantizados por dos años (sensores, electrodos y sondas, por seis meses) contra defectos de fabricación y materiales, siempre que sean utilizados para el fin previsto y se proceda de acuerdo a sus instrucciones.

Esta garantía está limitada a la reparación o cambio sin cargo. La garantía no cubre los daños debidos a accidente, mal uso, manipulación indebida o incumplimiento del mantenimiento preciso.

Si precisa mantenimiento, contacte al distribuidor con el que adquirió el instrumento. Si está dentro del período de garantía, indique número de modelo, fecha de compra, número de serie y tipo de falla.

Si la reparación no está cubierta por la garantía, se le notificará el cargo correspondiente. Si el instrumento ha de ser devuelto a Hanna Instruments, primero debe obtener el Número de Autorización de Mercancías Devueltas del Departamento de Servicio al Cliente y después enviarlo con transporte pagado.

Al enviar el instrumento cerciórese de que esté correctamente embalado, para garantizar una protección completa.

Recomendaciones para los usuarios

Antes de utilizar este producto, asegúrese de que sea completamente adecuado para el ambiente en el cual será utilizado. La manipulación de este instrumento en áreas residenciales podría causar interferencias inaceptables con equipos de radio y televisión, lo cual requeriría que el operador tomara todos los pasos necesarios para corregir las interferencias. El bulbo de vidrio al final del electrodo es sensible a las descargas electrostáticas. Evite tocar este bulbo de vidrio en todo momento. Para mantener el rendimiento EMC del equipo, se deben utilizar los cables recomendados en este manual. Toda variación que el usuario efectúe en este equipo puede disminuir el rendimiento EMC del equipo. Para evitar descargas eléctricas, no utilice estos instrumentos si el voltaje en la superficie de medición excede los 24 Vac ó 60 Vdc. Para evitar daños o quemaduras, no efectúe ninguna medición en hornos microondas.