

Índice

Estudio y optimización de la operación de ósmosis inversa para el tratamiento de agua en una industria alimentaria.

Bloque 1. Histórico de la planta.

1. Justificación del proyecto.....	1
2. Introducción	2
3. Objetivos.....	4
4. Análisis, planta de ósmosis inversa con capacidad de producción de 100 m ³ /h de agua osmotizada a partir de aguade pozo	5
4.1. Introducción.....	5
4.2. Situación inicial de la planta de ósmosis inversa	6
4.2.1. Disposición inicial de la planta y diseño	6
4.3. Descripción de observaciones y problemática.	11
4.3.1. Coloides arcillosos en el filtro de seguridad	12
4.3.2. Aparición de biofilm en el filtro de seguridad	15
4.4. Reformas y modificaciones en la operación de la planta	18
4.4.1. 1ªReforma. Planta con dos osmotizaciones.....	19
4.4.2. 2ªReforma. Entrada en vigor de la Autorización Ambiental Integrada (AAI). Operación con agua de red	22
4.5. Cronograma y evolución de la planta	24

Bloque 2. Análisis de sensibilidad y propuestas de mejoras técnicas en la planta de ósmosis inversa.

1. Introducción	27
2. Análisis del programa IMS design	27
2.1. Objetivos.....	27

2.2. Parámetros importantes y opciones del IMS design	
en la ventana de “Análisis de agua “.	29
2.2.1. Alimentación (Alim).	30
2.2.2. pH	31
2.2.3. SH ₂ .	33
2.2.4. Hierro (Fe).	33
2.2.5. Turbidez	35
2.2.6. Índice de colmatación o ensuciamiento (SDI)	35
2.2.7. Conductividad eléctrica (Cond.E)	35
2.2.8. Temperatura.	35
2.2.9. Fuerza Iónica.	36
2.2.10. TDS (Sólidos Totales Disueltos).	36
2.2.11. Índice de saturación de Langelier y Stiff&Davis.	36
2.3. Opciones del IMS design en la ventana “Diseño OI”.	37
2.3.1. Operativa general de la planta.	41
2.4. Esquema general de operación con datos de partida, especificaciones e información obtenida por el software IMS design	43
3. Aspectos fundamentales del agua de extracción	44
3.1. Introducción	44
3.2. Comparativa de aguas de proceso y estudio de la disposición de la planta.	44
3.2.1. Tabla comparativa de aguas de aporte.	46
3.2.2. Limitaciones impuestas por el RD140/2003 del 7 de febrero por el que se establecen los criterios de sanidad del agua para el consumo humano.	47
4. Simulaciones, valores límites del agua de pozo y análisis de sensibilidad de la planta de ósmosis	49
4.1. Valores de calidad del agua para poder operar con agua de pozo y dejar de utilizar aguad e red.	49

4.1.1. Aspectos a controlar en el agua de pozo de extracción durante la operación de la planta.	55
4.2. Análisis preliminar e introducción de datos en el programa de diseño para generar la planta de ósmosis inversa operando con agua de pozo sin contaminar	58
4.3. Simulaciones y análisis de sensibilidad de la instalación	64
4.3.1. Introducción.	63
4.3.2. pH e índices de saturación de Langelier, niveles de carbonatos y bicarbonatos en el agua de extracción.	63
4.3.3. Estudio de la vida útil de las membranas.....	69
4.3.4. Aumento de la demanda de agua osmotizada. Análisis de sensibilidad manteniendo constante el número de membranas en los bastidores.....	75
4.3.5. Aumento de la demanda de agua osmotizada. Análisis del comportamiento de la planta operando con la configuración inicial y aumentando el número de membranas.	82
4.3.6. Aumento de la demanda de caudal de agua osmotizada. Comparación de la presión de alimentación a las membranas para diferentes configuraciones de los bastidores en los diferentes casos estudiados de aumento de la demanda de caudal de agua osmotizada.	88
5. Balance económico entre agua de pozo y agua de red	90
6. Conclusiones generales.....	91
Anexo 1 Manual para el análisis y diseño en plantas de ósmosis inversa	94

Anexo 2. Especificaciones de membranas y equipos en las

reformas(40)

Bibliografía y enlaces de interés.

Índice Figuras

Figura 1: Capacidad de desalación instalada en España; fuente IDA noviembre 2010.	3
Figura 2: Zonas de mayor problemática y de mayor importancia durante el diseño de la planta de ósmosis inversa.....	6
Figura 3: Diagrama de bloques de una etapa de salmuera.	7
Figura 4: Esquema inicial planta ósmosis inversa.	8
Figura 5: Porcentaje de recuperación por etapa.....	9
Figura 6: Diagrama de bloques de la operación inicialmente.	10
Figuras 7: Foto de coloides arcillosos en el filtro sílex.....	12
Figura 8: Videocámara pozo de extracción.....	13
Figura 9: Problemas de construcción y contaminación de pozos de extracción de agua.	14
Figura 10: Filtración (filtro de cartuchos).	16
Figura 11: Disposición de cartuchos en un filtro de seguridad.....	17
Figura 12: Solución para la aparición de biofilm en filtro de cartuchos.....	18
Figura 13: 1ªReforma con dos osmotizaciones y recirculación.	22
Figura 14: Esquema de la disposición de la 2ªreforma y situación actual.	24
Figura 15: Cronograma de la planta.....	25
Figura 16: Resumen de la operación del software IMS design.....	29
Figura 17: Pantalla inicio IMS design	29
Figura 18: Opciones para el tipo de alimentación.	30
Figura 19: Parámetros característicos del agua, de especial importancia para la ósmosis inversa.	32
Figura 20: Sulfhídrico en el agua de entrada.	33
Figura 21: Hierro soluble en el agua de entrada.	34
Figura 22: Índices de Langelier y Stiff&Davis.	37

Figura 23: Ventana IMSdesign Diseño OI, parámetros de diseño.	38
Figura 24: Bastidor de ósmosis inversa de dos etapas una con 8 pasos y otra con 4 pasos por tubo.	39
Figura 25: Tipo de membranas Hydranautic.....	40
Figura 26: Resultados de la simulación.	41
Figura 27: Otros campos de importancia para las simulaciones.....	42
Figura 28: Tabla resume de especificaciones a introducir en el software.	43
Figura 29: Tabla comparativa de calidades de agua de aporte.	46
Figura 30: Tabla comparativa de la disposición y parámetros de la planta para diferentes calidades de agua de aporte.	47
Figura 31: Ventana de análisis, límites de calidad.	51
Figura 32: Ventana de Diseño Ósmosis Inversa, parámetros de importancia.	52
Figura 33: Calidad del agua de pozo contaminada una vez osmotizada.....	52
Figura 34: Calidad límite del agua de pozo para osmotizarla.....	54
Figura 35: Estructura de las membranas de arrollamiento en espiral utilizadas en la instalación.	56
Figura 36: Tabla resume. Parámetros de mayor importancia en agua de pozo sin contaminar.	57
Figura 37: Ventana de Análisis para agua de pozo.	59
Figura 38: Diseño OI Agua de pozo sin contaminar.....	60
Figura 39: Configuración de elementos filtrantes.	61
Figura 40: Disposición de membranas en tubos de presión. 1 tubo con 6 elementos filtrantes.....	61
Figura 41: Configuración inicial planta ósmosis inversa para agua de pozo con 1 paso por ósmosis y dos líneas de producción de 50 m³/h de permeado con dos etapas de 6 y 4 elementos por bastidor.	62

Figura 42: Calidad obtenida del agua osmotizada y rechazo osmotizando agua de pozo sin contaminar.	63
Figura 43: pH elevado, aparición de precipitados de bicarbonato cálcico; índice de Langelier elevado.....	65
Figura 44: Datos obtenidos de las simulaciones al variar el pH de entrada con HCl.	66
Figura 45: Evolución de Total de Sólidos Disueltos en la alimentación	66
Figura 46: Dosificación de HCl para rebajar el pH.	66
Figura 47: Evolución de los Índices de saturación.	67
Figura 48: Evolución del contenido de carbonatos y bicarbonatos en solución con el pH en la alimentación a la planta después del tratamiento químico con HCl.	67
Figura 49: Valores recomendados en el control de la precipitación del bicarbonato cálcico.	68
Figura 50: Evolución de diferentes parámetros en la operación de la planta durante 5 años de vida útil.	70
Figura 51: Evolución de la presión de alimentación a lo largo de 5 años.....	70
Figura 52: Evolución del factor de ensuciamiento para 5 años.	71
Figura 53: Comportamiento de los TDS en el permeado y en el concentrado a lo largo de 5 años.	71
Figura 54: Aumento del pH del permeado durante 5 años.....	72
Figura 55: Flujo del permeado en cada etapa de ósmosis durante 5 años.	72
Figura 56: Tabla resume vida útil de las membranas.	75
Figura 57: Datos para 5 años de operación. 50 m³/h de permeado.	76
Figura 58: Datos para 5 años de operación. 55 m³/h de permeado.	76
Figura 59: Datos para 5 años de operación. 60 m³/h de permeado.....	77
Figura 60: Evolución de la presión de alimentación para distintos caudales de permeado.	77

Figura 61: Evolución de los TDS en el permeado a lo largo de 5 años para distintos caudales de permeado.	78
Figura 62: Evolución de los TDS en el concentrado a lo largo de 5 años para distintos caudales de permeado.	78
Figura 63: Ventana IMSdesign con error en el flujo promedio para 70 m3/h de permeado.	80
Figura 64: Ventana IMSdesign, nueva disposición de los bastidores de membranas para cumplir condiciones de diseño.	81
Figura 65: Tabla resume para aumentos de la producción.	82
Figura 66: Comparativa de operación para 55 m3/h de agua osmotizada.	83
Figura 67: Comparativa de operación para 60 m3/h de agua osmotizada.	83
Figura 68: Evolución de la Presión suministrada al bastidor de membranas para 55 m3/h.	84
Figura 69: Evolución de TDS en el permeado para 55 m3/h.	84
Figura 70: Evolución de TDS en el concentrado para 55 m3/h.	84
Figura 71: Evolución presión de alimentación al bastidor de membranas 60 m3/h.	85
Figura 72: Evolución de TDS en el permeado para 60 m3/h.	85
Figura 73: Evolución de TDS en el concentrado para 60 m3/h.	85
Figura 74: Tabla resumen: Comparativa de los dos tipos de operación para un aumento de las exigencias de agua osmotizada.	87
Figura 75: Datos de la presión en la alimentación durante vida útil de las membranas para nuevas exigencias de caudal y operando con nueva configuración de bastidores de membranas.	88
Figura 76: Evolución de la presión de alimentación para diferentes exigencias de caudal de agua osmotizada variando la configuración del sistema durante 5 años.	88

Acrónimos

MED: Evaporación Multiefecto.

ED: Electrodialisis.

MSF: Evaporación Multietapa.

IDA: Asociación Internacional de Desalación.

RD: Real Decreto

SDI: Índice de Densidad de Sedimentos.

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales.

AAI: Autorización Ambientas Integrada.

OI: Ósmosis Inversa.

NTU: Nephelometric Turbidity Unit (Unidad Nefelométrica de Turbidez).

TDS: Sólidos Totales Disueltos.

Índice de Anexos:

Anexo 1. Manual para el análisis y diseño en plantas de ósmosis inversa.

1. Introducción.....	1
2. Análisis del agua.....	1
2.1. Introducción.....	1
2.2. Composición química del agua.....	2
2.3. Gases disueltos.	6
2.4. Temperatura.....	7
2.5. Otros parámetros característicos del agua.....	7
2.5.1.pH.....	7
2.5.2.Alcalinidad.....	8
2.5.3.Dureza.....	8
3. Tipos de membranas.	8
3.1. Clasificación	8
3.2. Diferencias principales.....	12
3.3. Colocación de las membranas y disposición.....	15
4. Parámetros y materiales en membranas (diseño).....	16
4.1. Materiales de membranas.	16
4.2. Características principales de las membranas.....	17
4.3. Parámetros técnicos	21
4.4. Variación de los parámetros.	23
5. Pretratamientos físicos.....	25
5.1. Filtro sílex (filtros de arena a presión)	25
5.2. Filtro de seguridad (cartuchos).....	27
6. Pretratamientos químicos.....	27
6.1. Desinfección	28
6.2. Equipos de corrección de pH.....	28
6.3. Dosificación de reductor.	28

6.4. Aplicación de estabilizantes (dispersantes).	29
7. Mantenimiento de las membranas.....	29
7.1. Depósito de equilibrio osmótico.	29
7.2. Recuperación de las membranas.....	30
7.3. Lavado de las membranas.....	32
7.4. Síntomas de ensuciamiento.	34
8. Elementos técnicos.....	35
8.1. Filtros de puentecillos.	35
8.2. Hidro-Ciclón.	36
8.3. Limpieza de pozos de extracción.	36
8.4. Motobomba Booster.	37
8.5. Variadores de frecuencia.	38
8.6. Bombas dosificadoras de reactivos.	38
8.7. Válvulas de retención.	39

Anexo 2. Especificaciones técnicas.

1. Características técnicas de membranas utilizadas en la planta de ósmosis inversa a lo largo del tiempo.	40
1.1. ESPA 2 80x40 HYDRANAUTIC.	40
1.2. BW30-400 DOW-FIMTEC.....	41
2. Especificaciones de equipos de la 1ª Reforma.....	42

Índice de figuras Anexos:

Figura 1: Zoom capilares de membranas de fibra hueca.	9
Figura 2: Membranas fibra hueca disposición en tubos de presión.	10
Figura 3: Esquema membranas de arrollamiento en espiral.	11
Figura 4: Esquema interior de un filtro sílex.	26
Figura 5: Zoom filtros de puentecillo.	35
Figura 6: Sección de un Hidro-ciclón.	36
Figura 7: Gratas de cepillos para limpieza de pozos de extracción.	37
Figura 8: Moto-bomba booster	38

Bibliografía y enlaces de interés

Medina San Juan, J.A. : Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis Inversa. MP. 2000

Fariñas Iglesias, M: Ósmosis Inversa, Fundamentos y aplicaciones. Mc Graw Hill ;1999

www.amnsl.com

www.europa.com.br

www.elessia.com

www.akvotek.com

www.elaguapotable.com

www.lenntech.es

www.dowtec.es

www.nitto.com

www.boe.es

www.juntadeandalucia.es

Estudio y optimización de la operación de ósmosis inversa para el tratamiento de agua en una industria alimentaria.