



EPSIS NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

**TRABAJO DE FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE GRADUADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

# **LAS PLANTAS DESALADORAS DE LAS ISLAS CANARIAS**

**DAVID BARROSO VALLADARES**

**Junio 2016**



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a D<sup>a</sup> M<sup>a</sup> del Cristo Adrián de Ganzo y a D. José Agustín González Almeida ambos profesores del Área de Conocimiento de Construcciones Navales en poner ese grano de arena para ser mis guías en el desarrollo de este trabajo fin de grado.

Igualmente hago mención al resto del profesorado de esta facultad que desde mi primer día hasta el último de carrera me han estado formando a través de sus conocimientos en respectivas materias, para que pueda aplicarlos en una situación real y tener como fruto este proyecto. También a los compañeros de clase, por estar siempre ahí y darnos ánimos unos a otros para que las horas de clase, los trabajos, exámenes, horas de taller fueran más llevaderas.

Al núcleo principal en el cual gira todo este proyecto es sin lugar a duda la empresa donde realice las prácticas. DEPURACIÓN Y TRATAMIENTO S.A.U. Desaladora de Santa Cruz de Tenerife, y por ello parte de este agradecimiento es para todos los trabajadores que desde el primer día que entre me hicieron sentirme uno más, donde me enseñaron y me instruyeron en cada trabajo que se realizaban, dándome consejos, y explicándome cada duda que me iba surgiendo. No obstante, lo más importante es que aprendí a valorar cada día más el trabajo, gracias a la profesionalidad que desempeñaban cada uno de los trabajadores en su puesto.

Finalmente agradezco a mi familia y muy especialmente a Jacqueline porque parte de este proyecto y de la carrera no se podría haber realizado sin ella, ya que siempre ha estado ahí en los malos y buenos momentos, ayudándome y dándome esos ánimos que uno necesita para seguir hacia adelante y cumplir con este sueño.

*“HAY COSAS QUE NO SE IMAGINAN, SUCEDEN”*

*D<sup>a</sup> María del Cristo Adrián de Ganzo*, profesora asociada del Área de Conocimiento de Construcciones Navales, certifica que:

*D. David Barroso Valladares*, ha realizado bajo mi dirección el Trabajo de Fin de Grado titulado: “LAS PLANTAS DESALADORAS DE LAS ISLAS CANARIAS”

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife, a 17 de Junio de 2016.



**D<sup>a</sup> MARÍA DEL CRISTO ADRIÁN DE GANZO**

**DIRECTORA DEL TRABAJO**

**D. José Agustín González Almeida**, profesora asociada del Área de Conocimiento de Construcciones Navales, certifica que:

**D. David Barroso Valladares**, ha realizado bajo mi dirección el Trabajo de Fin de Grado titulado: “LAS PLANTAS DESALADORAS DE LAS ISLAS CANARIAS”

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife, a 17 de Junio de 2016.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', with a horizontal line underneath.

**D. JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA**

DIRECTOR DEL TRABAJO



## ÍNDICE

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	15
II. OBJETIVOS .....	17
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES.....	19
3.1 HISTORIA DE LAS DESALADORAS DE LAS ISLAS CANARIAS .....	20
3.1.1 LA PRIMERA PLANTA DESALADORA, LANZAROTE 1964 .....	24
3.1.2 PLANTA DESALADORA DE EL HIERRO .....	26
3.1.3 PLANTA DESALADORA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE.....	28
3.2 NORMATIVAS DE LAS AGUAS DE CANARIAS Y CONSEJOS REGULADORES DE LAS ISLAS .....	34
IV. MATERIAL Y MÉTODO.....	37
4.1 MATERIAL.....	38
4.1.1 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE PLANTA DESALADORAS DE SANTA CRUZ. ....	38
4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DESALADORA.....	39
4.1.3 CAPTACIÓN.....	41
4.1.4 PRETRATAMIENTO .....	42
4.1.5 ÓSMOSIS INVERSA.....	46
4.1.6 REMINERALIZACIÓN.....	48
4.1.7 ALMACENAMIENTO Y ENTREGA.....	49
4.2 MÉTODOS .....	52
V. RESULTADOS .....	53
5.1 <i>MANTENIMIENTO Y AVERÍAS DE LA PLANTA DESALADORA DE SANTA CRUZ.</i> .....	54
5.1.1 PROCESO DE OPERACIÓN .....	54
5.1.1.1 PROCESO DE PARADA Y ARRANQUE DE UN BASTIDOR .....	55
5.1.1.1.1 PARADA DE UN BASTIDOR.....	55
5.1.1.1.2 ARRANQUE DE UN BASTIDOR.....	58
5.2.1.2 PROCESO DE DESPLAZAMIENTO DE UN BASTIDOR .....	63
5.2.1.3 PROCEDIMIENTO DE LA LIMPIEZA DE FILTROS DE ARENA.....	70
5.2.1.3.1 CONDICIONES DE EJECUCIÓN .....	70
5.2.1.3.1.1 GENERALIDADES.....	70
5.2.1.3.1.2 CONDICIONES PREVIAS .....	71
5.2.1.3.1.3 PROCESO DE LAVADO .....	75



5.2.1.3.1.4 REGISTRO .....	85
5.2.2 MANTENIMIENTO MÉCANICO .....	86
5.2.2.1 PROCESO DE CAMBIO DE MEMBRANA DE LOS TUBOS DE UN BASTIDOR .....	86
5.2.2.2 AVERÍA DE UN MOTOR ELECTRICO DE UN GRUPO SUMERGIBLE .....	92
5.2.2.3 ENGRASE DE MOTORES ELECTRICOS Y TURBINAS .....	112
5.2.2.4 AVERÍA DE UN ACTUADOR NEUMÁTICO .....	115
5.2.3 MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.....	118
5.2.3.1 INSTALACIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA .....	118
5.2.4 DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS .....	122
VI. CONCLUSIONES .....	125
VII. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA .....	129

### **ÍNDICE DE GRÁFICO**

GRÁFICO Nº1. PLANTAS DESALADORAS DE LAS ISLAS CANARIAS .....	21
GRÁFICO Nº2. BOMBAS SUMERGIBLES M <sup>3</sup> /DÍA .....	70

### **ÍNDICE DE TABLA**

TABLA 1. CONSEJOS REGULADORES DE AGUA DE LAS ISLAS CANARIAS ...	35
TABLA 1 Y 2. GRUPO SUMERGIBLE .....	122
TABLA 3. TURBOBOMBA .....	123
TABLA 4. BOMBAS DOSIFICADORAS.....	123
TABLA 5. BOMBAS CENTRIFUGAS .....	124
TABLA 6. COMPRESORES.....	124

### **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

ILUSTRACIÓN 1: UBICACIÓN DE LAS DESALADORAS EN CANARIAS .....	22
ILUSTRACIÓN 2. PRIMERA PLANTA DESALADORA DE LANZAROTE, 1964....	25
ILUSTRACIÓN 3. PLANTA DESALADORA DE FRONTERA (EL HIERRO).....	26
ILUSTRACIÓN 4. MAPA DE LA CENTRAL HIDROEÓLICA EN EL HIERRO.....	27
ILUSTRACIÓN 5. PLANTA DESALADORA DE SANTA CRUZ.....	29
ILUSTRACIÓN 6: PROCESO DE OSMOSIS INVERSA.....	31
ILUSTRACIÓN 7: PROCESO DE ELECTRODIÁLISIS .....	32
ILUSTRACIÓN 8: PROCESO DE COMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR .....	33
ILUSTRACIÓN 9. DIAGRAMA DE FLUJO .....	40
ILUSTRACIÓN 10. DISTRIBUCIÓN DE DEPÓSITO Y ESTACIONES DE BOMBEO	

.....	40
ILUSTRACIÓN 11. POZO COSTERO (1), MOTOR Y BOMBA DE MAR (2), Y TUBERÍAS DE IMPULSIÓN (3) .....	41
ILUSTRACIÓN 12. FILTRO DE ARENA 1ª ETAPA.....	42
ILUSTRACIÓN 13. FILTRO DE ARENA 2ª ETAPA.....	43
ILUSTRACIÓN 14. FILTROS DE CARTUCHO .....	43
ILUSTRACIÓN 15. FILTROS LIMPIOS (1) Y SUCIOS (2). .....	44
ILUSTRACIÓN 16. DEPÓSITOS DE ÁCIDO SULFÚRICO Y COAGULANTE.....	45
ILUSTRACIÓN 17. DEPÓSITO MULTI-BOX (1), CUBA CON AGITADOR (2) Y BOMBA DISPERSANTE (3.....	45
ILUSTRACIÓN 18. BASTIDOR Y GRUPO DE ALTA PRESIÓN.....	46
ILUSTRACIÓN 19. PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA.....	47
ILUSTRACIÓN 20. EXTERIOR (1) E INTERIOR (2) DE UNA MEMBRANA.....	47
ILUSTRACIÓN 21. DISTINTAS CAPAS DE UNA MEMBRANA.....	47
ILUSTRACIÓN 22. ZONA DE ALTA (1) Y BAJA PRESIÓN (2).....	48
ILUSTRACIÓN 23. REMINERALIZACIÓN .....	49
ILUSTRACIÓN 24. DEPÓSITO DE AGUA PRODUCTO .....	50
ILUSTRACIÓN 25. DEPÓSITO Y BOMBAS DOSIFICADORAS DE HIPOCLORITO .....	50
ILUSTRACIÓN 26. BOMBAS CENTRIFUGAS .....	51
ILUSTRACIÓN 27. PANTALLA DE BASTIDORES Y TURBOBOMBAS .....	55
ILUSTRACIÓN 28. PANTALLA DE BOMBAS DE MAR Y OLEAJE .....	56
ILUSTRACIÓN 29. PANTALLA DE REGULACIÓN DE CAUDAL DE BOMBA SUMERGIBLE.....	56
ILUSTRACIÓN 30. PANTALLA DE PARADA DE BASTIDOR.....	57
ILUSTRACIÓN 31. VÁLVULA VC-01 CON SU ACTUADOR NEUMÁTICO.....	58
ILUSTRACIÓN 32. CUADRO DE ELECTROVÁLVULAS PARA EL VENDEO .....	59
ILUSTRACIÓN 33. VÁLVULA DE VENDEO Y PANTALLA PARA EL VENDEO... ..	60
ILUSTRACIÓN 34. PANTALLA PARA PROCESO DE ARRANQUE .....	61
ILUSTRACIÓN 35. TURBINA PELTON, VÁLVULAS E INYECTORES.....	62
ILUSTRACIÓN 36. PORCENTAJE DE VÁLVULA VC-04 .....	62
ILUSTRACIÓN 37. VÁLVULA MANUAL DE LA SALMUERA .....	63
ILUSTRACIÓN 38. VÁLVULA MANUAL DE PERMEADO .....	64
ILUSTRACIÓN 39. VÁLVULA VC-03 (1), VÁLVULA VC-04 (2) Y SELECTOR (3. ..	64
ILUSTRACIÓN 40. VÁLVULA VA-05 .....	65
ILUSTRACIÓN 41. CUADRO DE ELECTROVÁLVULAS .....	65
ILUSTRACIÓN 42. VÁLVULA DE DESPLAZAMIENTO O ASPIRACIÓN .....	66
ILUSTRACIÓN 43. CUADRO DE ELECTROVÁLVULAS .....	66

ILUSTRACIÓN 44. BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO (1), MANÓMETRO (2) Y VÁLVULA MANUAL (3).....	67
ILUSTRACIÓN 45. TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD.....	68
ILUSTRACIÓN 46. PURGA TURBINA (1), ZONA ALTA DE BOMBA (2), ZONA LATERAL DE BOMBA (3) Y BASTIDOR (4).....	68
ILUSTRACIÓN 47. VÁLVULA DE VENDEO.....	69
ILUSTRACIÓN 48 FILTRO DE ARENA DE 1° Y 2° ETAPA.....	71
ILUSTRACIÓN 49: VISOR (1), BOMBAS DE VACÍO (2) Y TANQUE DE VACÍO (3).....	72
ILUSTRACIÓN 50: BOMBAS DE LIMPIEZA CON SALMUERA.....	73
ILUSTRACIÓN 51: SOPLANTES.....	73
ILUSTRACIÓN 52: PANTALLA DE LAVADO DE FILTRO.....	74
ILUSTRACIÓN 53: PANTALLA DE LAVADO DE FILTRO.....	75
ILUSTRACIÓN 54: PANTALLA DE LAVADO DE FILTRO. PASO 1.....	76
ILUSTRACIÓN 55: VISTA FRONTAL Y VÁLVULAS QUE ACTÚAN EN UN FILTRO DE ARENA DE 2° ETAPA.....	76
ILUSTRACIÓN 56: PANTALLA DE LAVADO DE FILTRO. PASO 2.....	77
ILUSTRACIÓN 57: VISTA FRONTAL Y VÁLVULAS QUE ACTÚAN EN UN FILTRO DE ARENA DE 2° ETAPA.....	78
ILUSTRACIÓN 58: PANTALLA DE LAVADO DE FILTRO. PASO 3.....	79
ILUSTRACIÓN 59: VISTA FRONTAL Y VÁLVULAS QUE ACTÚAN EN UN FILTRO DE ARENA DE 2° ETAPA.....	79
ILUSTRACIÓN 60: PANTALLA DE LAVADO DE FILTRO. PASO 4.....	80
ILUSTRACIÓN 61: VISTA FRONTAL Y VÁLVULAS QUE ACTÚAN EN UN FILTRO DE ARENA DE 2° ETAPA.....	80
ILUSTRACIÓN 62: PANTALLA DE LAVADO DE FILTRO. PASO 5.....	81
ILUSTRACIÓN 63: VISTA FRONTAL Y VÁLVULAS QUE ACTÚAN EN UN FILTRO DE ARENA DE 2° ETAPA.....	81
ILUSTRACIÓN 64: PANTALLA DE LAVADO DE FILTRO. PASO 6.....	83
ILUSTRACIÓN 65: VISTA FRONTAL Y VÁLVULAS QUE ACTÚAN EN UN FILTRO DE ARENA DE 2° ETAPA.....	83
ILUSTRACIÓN 66: PANTALLA DE LAVADO DE FILTRO. PASO 7.....	84
ILUSTRACIÓN 67: VISTA FRONTAL Y VÁLVULAS QUE ACTÚAN EN UN FILTRO DE ARENA DE 2° ETAPA.....	84
ILUSTRACIÓN 68: VISTA FRONTAL DE UN BASTIDOR, ZONA DE ALTA PRESIÓN.....	86
ILUSTRACIÓN 69: VISTA TRASERA DE UN BASTIDOR, ZONA DE BAJA PRESIÓN.....	87
ILUSTRACIÓN 70: PANEL PARA COMPROBAR LA CONDUCTIVIDAD DE LOS TUBOS (PERFIL).....	87

ILUSTRACIÓN 71: VISTA FRONTAL DE UNA MEMBRANA .....	88
ILUSTRACIÓN 72: PARTE DE BAJA PRESIÓN DEL BASTIDOR .....	88
ILUSTRACIÓN 73: PARTE DE ALTA DEL BASTIDOR .....	88
ILUSTRACIÓN 74: DESMONTAJE DE DIFERENTES PIEZAS.....	89
ILUSTRACIÓN 75: RETIRADA DE LA TAPA DE ALTA PRESIÓN.....	90
ILUSTRACIÓN 76: RETIRADA DE MEMBRANAS DE LA PARTE DE BAJA PRESIÓN.....	90
ILUSTRACIÓN 77: CONECTORES VIEJOS (1) Y CONECTORES NUEVOS (2) .....	90
ILUSTRACIÓN 78: MEMBRANAS LISTAS PARA SER INTRODUCIDAS EN EL TUBO .....	91
ILUSTRACIÓN 79: EMPUJANDO MEMBRANAS Y MONTANDO TAPA DE ALTA PRESIÓN.....	91
ILUSTRACIÓN 80: GRUPO SUMERGIBLE, COMPUESTO POR MOTOR ELÉCTRICO (1) Y BOMBA (2) .....	92
ILUSTRACIÓN 81: MOTOR ELÉCTRICO .....	92
ILUSTRACIÓN 82: VISTA LATERAL (1), FRONTAL (2) Y TRASERA (3) DEL MOTOR ELÉCTRICO .....	93
ILUSTRACIÓN 83: ROTOR (1) Y ESTATOR (2) DEL MOTOR ELÉCTRICO.....	93
ILUSTRACIÓN 84: LIJANDO DE LA ROSCA EXTERIOR .....	94
ILUSTRACIÓN 85: COJINETE DE GRAFITO (1) Y PORTA-COJINETE (2).....	94
ILUSTRACIÓN 86: ROTOR PRESENTADO EN EL TORNO .....	94
ILUSTRACIÓN 87: MEDICIÓN CON EL COMPARADOR .....	95
ILUSTRACIÓN 88: COMPROBACIÓN DE LAS MUÑEQUILLAS.....	95
ILUSTRACIÓN 89: ROTOR SIN LIJAR (1) Y PROCESO DE LIJADO (2) .....	96
ILUSTRACIÓN 90: LIMPIEZA CON AIRE A PRESIÓN (1) Y ROTOR TOTALMENTE LIMPIO (2) .....	96
ILUSTRACIÓN 91: COMPROBACIÓN DEL BOBINADO DEL ROTOR .....	97
ILUSTRACIÓN 92: DESALINEAMIENTO DEL ROTOR .....	97
ILUSTRACIÓN 93: ALINEAMIENTO CON EL GATO HIDRÁULICO .....	98
ILUSTRACIÓN 94: ALINEAMIENTO CON LA LUNETTA .....	98
ILUSTRACIÓN 95: ROSCA EXTERIOR DESGASTADA (1) Y REALIZANDO EL PLANO (2) .....	99
ILUSTRACIÓN 96: REALIZANDO ROSCA EXTERIOR (1) Y COLOCACIÓN DE TUERCA-CONTRATUERCA (2).....	99
ILUSTRACIÓN 97: LIMPIEZA DE PORTACOJINETE TRASERO(1) Y DELANTERO (2).....	99
ILUSTRACIÓN 98: LIMPIEZA DE EL CUERPO DEL ESTATOR Y SUS JUNTAS	100
ILUSTRACIÓN 99: SE INTRODUCE EL ROTOR EN EL INTERIOR DEL ESTATOR .....	100
ILUSTRACIÓN 100: COLOCACIÓN DEL PORTA-COJINETE TRASERO (1), EL	

IMPULSOR (2), EL PORTA-COJINETE DELANTERO(3) Y CABLES DE CONEXIÓN (4).....	100
ILUSTRACIÓN 101: CABEZA DEL MOTOR QUE NECESITA SOLDADURA .....	101
ILUSTRACIÓN 102: LIMPIEZA DE LA NUEVA CABEZA DEL MOTOR .....	101
ILUSTRACIÓN 103: SONDA PT100 ACOPLADA EN EL INTERIOR DEL MOTOR .....	101
ILUSTRACIÓN 104: FIJACIÓN DE TORNILLOS DEL COJINETE CONTRA-AXIAL .....	102
ILUSTRACIÓN 105: COLOCACIÓN DEL DISCO SOPORTE Y AJUSTE CON SU TUERCA .....	102
ILUSTRACIÓN 106: PORTA-COJINETE E INTERIOR DEL PORTA-COJINETE..	103
ILUSTRACIÓN 107: PIEZA DE BRONCE DESGASTADA Y ARANDELA DE AJUSTE.....	103
ILUSTRACIÓN 108: VISTA FRONTAL Y TRASERA DEL COJINETE AXIAL .....	103
ILUSTRACIÓN 109: DESMONTE Y LIMPIEZA DEL COJINETE AXIAL PRODUCIDO POR LAS BOLAS.....	104
ILUSTRACIÓN 110: RECTIFICANDO COJINETE AXIAL EN EL TORNO .....	104
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA .....	104
ILUSTRACIÓN 111: MONTAJE DEL COJINETE AXIAL .....	104
ILUSTRACIÓN 112: HACIENDO RECTIFICADO EN EL TORNO A LA NUEVA PIEZA DE BRONCE .....	105
ILUSTRACIÓN 113: PIEZAS DE REGULACIÓN ALOJADAS EN EL PORTA-COJINETE Y ESTE ATORNILLADO AL MOTOR.....	105
ILUSTRACIÓN 114: MONTAJE DE LA CABEZA DEL MOTOR Y FIJACIÓN DE TORNILLERÍA Y SILICONA .....	106
ILUSTRACIÓN 115: PRIMERA MEDIDA 101,06 $\approx$ 101,1 MM.....	106
ILUSTRACIÓN 116: PRIMERA MEDIDA 100,41 $\approx$ 100,4 MM Y LA SEGUNDA MEDIDA 101,19 $\approx$ 101,2 MM.....	107
ILUSTRACIÓN 117: PRIMERA MEDIDA 100,48 MM Y LA SEGUNDA MEDIDA 101,01 MM .....	107
ILUSTRACIÓN 118: TAPA TRASERA.....	108
ILUSTRACIÓN 119: ARANDELAS GAFAS DE LOS CABLES DE CONEXIÓN Y DE LA PT100 .....	108
ILUSTRACIÓN 120: ORIFICIO QUE SE VA A TAPAR.....	109
ILUSTRACIÓN 121: TOCHO DE ACERO INOXIDABLE Y RANURAS HECHAS EN EL TORNO.....	109
ILUSTRACIÓN 122: PROCESO DE CORTE CON LA RADIAL Y ARANDELAS MACIZAS YA CORTADAS .....	109
ILUSTRACIÓN 123: TAPÓN DE GOMA Y ARANDELA GAFA AJUSTADA EN EL ORIFICIO .....	110
ILUSTRACIÓN 124: LLENADO DEL MOTOR CON AGUA Y ANTICONGELANTE	

.....	110
ILUSTRACIÓN 125: COLOCACIÓN Y FIJACIÓN DEL SELLO MECÁNICO .....	111
ILUSTRACIÓN 126: MOTOR ELÉCTRICO TERMINADO Y LISTO PARA USARSE .....	111_Toc453087914
ILUSTRACIÓN 127: LOCALIZACIÓN DE LAS SONDAS DE TEMPERATURA Y LOS PUNTOS DE ENGRASE DE UNA DE LAS TURBOBOMBAS .....	112
ILUSTRACIÓN 128: REPRESENTACIÓN DE LAS PT100 DE LAS TURBOBOMBAS EN EL PANEL DE CONTROL .....	113
ILUSTRACIÓN 129: DESCRIPCIÓN DE LAS PT100 Y ENGRASES DE LAS TURBOBOMBAS .....	113
ILUSTRACIÓN 130: ENGRASADOR DEL MOTOR TT-X-7, ENGRASANDO TURBINA TT-X-10, TUBO DE GRASA .....	113_Toc453087920
ILUSTRACIÓN 131: ALARMAS A TENER EN CUENTA CUANDO SE ENGRASA LA TURBINA, 1º A 65°C Y LA 2º A 70°C .....	114
ILUSTRACIÓN 132: ENGRASANDO MOTOR ELÉCTRICO DE BOMBAS DE CIUDAD.....	114
ILUSTRACIÓN 133: ACTUADOR NEUMÁTICO .....	115
ILUSTRACIÓN 134: DESMONTANDO EL VÁSTAGO CON LA REDUCTORA....	115
ILUSTRACIÓN 135: DESCONEXIÓN Y COMPROBACIÓN DE LA TARJETA ELECTRÓNICA.....	116
ILUSTRACIÓN 136: DESMONTE Y COMPROBACIÓN DE LA CÁMARA.....	116
ILUSTRACIÓN 137: DESMONTAJE DE LA REDUCTORA .....	116
ILUSTRACIÓN 138: PIÑÓN Y TORNILLO SIN FIN DESGASTADO .....	117
ILUSTRACIÓN 139: MONTAJE DEL ACTUADOR.....	117
ILUSTRACIÓN 140: ACCIONAMIENTO MANUAL .....	117
ILUSTRACIÓN 141: VARIADOR DE FRECUENCIA QUE SE VA A PROBAR.....	118
ILUSTRACIÓN 142: ARMARIO Y COMPONENTES DEL VARIADOR DE FRECUENCIA .....	119
ILUSTRACIÓN 143: ARMARIO DE TARJETAS DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS Y DIGITALES.....	119
ILUSTRACIÓN 144: TARJETA DE SALIDAS DIGITALES .....	120
ILUSTRACIÓN 145: TARJETA DE ENTRADA ANALÓGICA .....	120
ILUSTRACIÓN 146: INDICACIÓN DE QUE LA INTENSIDAD ESTÁ A 175 A.....	121
ILUSTRACIÓN 147: CONEXIÓN DE LOS CABLES DE MANIOBRA (VERDE) Y DE POTENCIA (NEGRO) .....	121

## **I. INTRODUCCIÓN**

## *INTRODUCCIÓN*

---

El agua es fundamental para la vida de todo ser, así como para la realización de muchas actividades humanas, es considerado un bien escaso por lo que es necesario crear sistemas, plataformas, estaciones o plantas que mejoren el aprovechamiento del agua que existe en nuestro planeta, y poderla proporcionar a toda la población.

Un ejemplo de esos sistemas que recogen agua del mar y la transforman en agua potable proporcionando así a toda la población de agua son, las Plantas Desaladoras, siendo éstas estudio principal de este proyecto fin de carrera.

Este documento se divide en diferentes apartados, para que el desarrollo del mismo tenga sentido. Por ello, es fundamental definir los objetivos que se quieren lograr, ya que son las razones por las cuales se trabajará para lograr dicha finalidad. Del mismo modo, es necesario realizar una búsqueda de información acerca de las Plantas Desaladoras, principalmente de Canarias y más concretamente la de Santa Cruz de Tenerife, mediante documentos, navegando por la red, así como solicitando información de dicha Planta en el periodo en el que estuve realizando dichas prácticas curriculares, siendo estos los medios utilizados para completar el apartado de revisión y antecedentes.

Además, se describe el funcionamiento de la Planta Desaladora de Santa Cruz, las características que posee, asimismo, los mantenimientos y averías que se producen en dicha planta, como las operaciones que se realizan, los procesos mecánicos y eléctricos, completando todo esto en el apartado de resultados con los que se quieren conseguir los objetivos previamente diseñados.

Este proyecto, acaba con las conclusiones oportunas respecto a todo lo anterior y la bibliografía utilizada para la realización de éste.



## **II. OBJETIVOS**

## **OBJETIVOS**

---

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Conocer el origen y funcionamiento de las Plantas Desaladoras de Canarias, más específicamente la de Santa Cruz.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Adquirir nuevos conocimientos acerca de las Plantas Desaladoras.
- Describir el funcionamiento de la Planta Desaladora de Santa Cruz.
- Conocer el mantenimiento operacional que se lleva a cabo para la producción de la desalación del agua de mar.
- Saber cómo es el proceso de los mantenimientos mecánicos en una desaladora.
- Comprender el sistema eléctrico que controla la Planta Desaladora.
- Entender las averías que surgen en la Planta Desaladora y sus posibles soluciones.

### **III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES**

### 3.1 HISTORIA DE LAS DESALADORAS DE LAS ISLAS CANARIAS

“El agua y la energía están intrínsecamente interconectadas. Todas las fuentes de energía (incluida la electricidad) requieren del agua en sus procesos de producción: para la extracción de materias primas, la refrigeración de plantas térmicas, los procesos de limpieza, la producción de biocombustibles y para el funcionamiento de las turbinas. Se requiere de la energía para que se pueda disponer de agua para uso y consumo humano (incluyendo el riego) a través del bombeo, transporte, tratamiento y desalación” (ONU).

El agua en Canarias es una necesidad básica como en el resto del mundo, por tanto el aprovechamiento del agua es imprescindible para todos los ciudadanos, teniendo una gran importancia la gestión hidráulica en todo el Archipiélago Canario.

El Archipiélago Canario tiene sus peculiaridades, respecto a la situación geográfica y origen volcánico de las islas hacen que las aguas que nos rodean tengan unas características particulares, tanto en sus propiedades hidrológicas como en los fenómenos que en ella se dan. Las aguas de nuestras islas tienen unos niveles bajos respecto a la concentración de nutrientes, pero estables, aunque si es verdad que en las islas orientales aumenta la presencia de nutrientes debido a la penetración de agua desde otras capas.

La temperatura de las aguas varían entre las islas occidentales y las orientales siendo más altas en éstas últimas, debido al fenómeno conocido como “upwelling”<sup>1</sup>. Lo mismo pasa con a la salinidad de las aguas, teniendo más salinidad las islas orientales que el resto de islas, ambas características, aumentan a medida que nos alejamos de la costa africana, habiendo una diferencia máxima de dos grados entre los extremos del archipiélago.

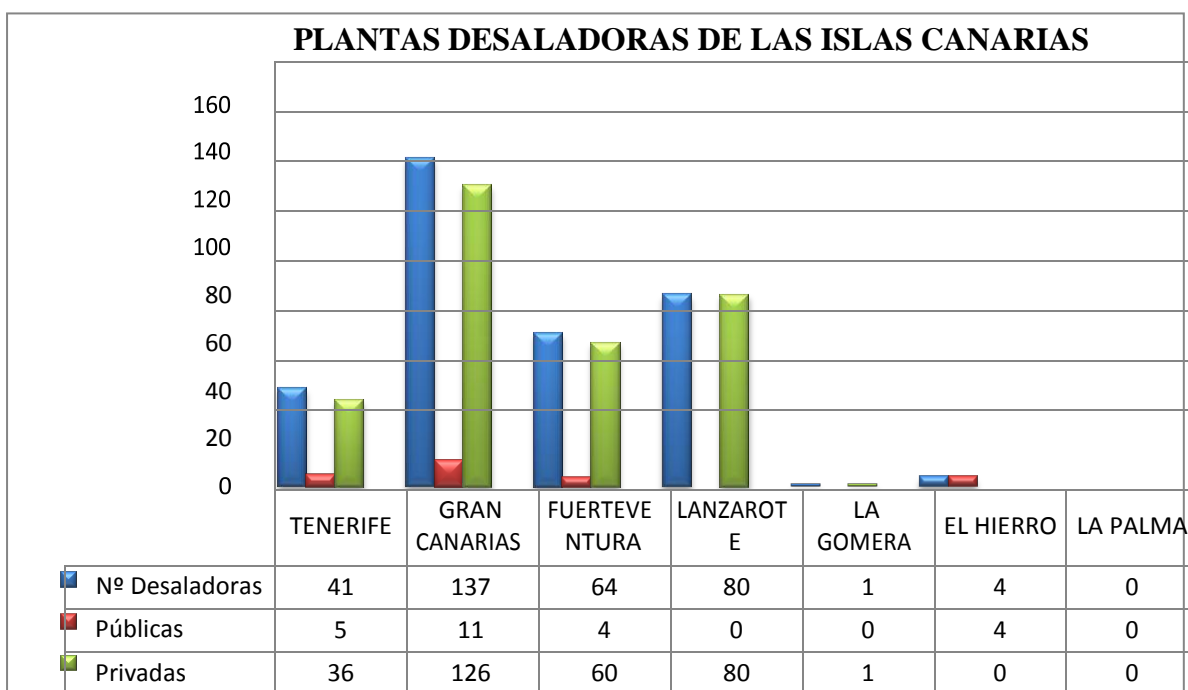
El agua en Canarias es un bien preciado, y hasta los años 60 tuvieron que combatir la escasez de lluvia con las galerías, aunque con el paso de los años la población canaria fue creciendo y se tuvo que traer agua potable en grandes buques cisterna. Hasta que en 1964 se instaló y comenzó a funcionar la primera planta desoladora de agua de mar de las islas y de España y de Europa, en Lanzarote, producía en aquel entonces 2.500m<sup>3</sup>/día de agua potable utilizando como proceso la evaporación súbita (M.S.F.).

---

<sup>1</sup> Upwelling: afloramiento, es un proceso en el cual, el agua fría profunda se eleva hacia la superficie. Fuente consultada 20.03.2016.: El Servicio Nacional del Océano. <http://oceanservice.noaa.gov/facts/upwelling.html>

En los últimos años, las islas se han colocado en primera posición mundial respecto a la reutilización del agua, basándose el futuro económico, todo esto gracia a la investigación y experimentación. A día de hoy en todo el Archipiélago Canario hay un total de 327 planta desaladoras, algunas grandes, otras más pequeñas, públicas y privadas. Realmente en todas las islas, predomina las plantas desaladoras privadas, menos en El Hierro que son públicas en su totalidad, mientras que la isla de La Palma no posee ninguna planta hasta este momento. Además, en la provincia de Santa Cruz de Tenerife tiene un total de 46 y en cambio la provincia de Las Palmas de Gran Canaria cuenta con 281 plantas desaladoras, viéndose esto reflejado de manera gráfica a continuación.

**GRÁFICO N°1. PLANTAS DESALADORAS DE LAS ISLAS CANARIAS**



Fuente consultada: Gobierno de Canarias, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y

Aguas. <http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/aguas/aguacanarial.html>

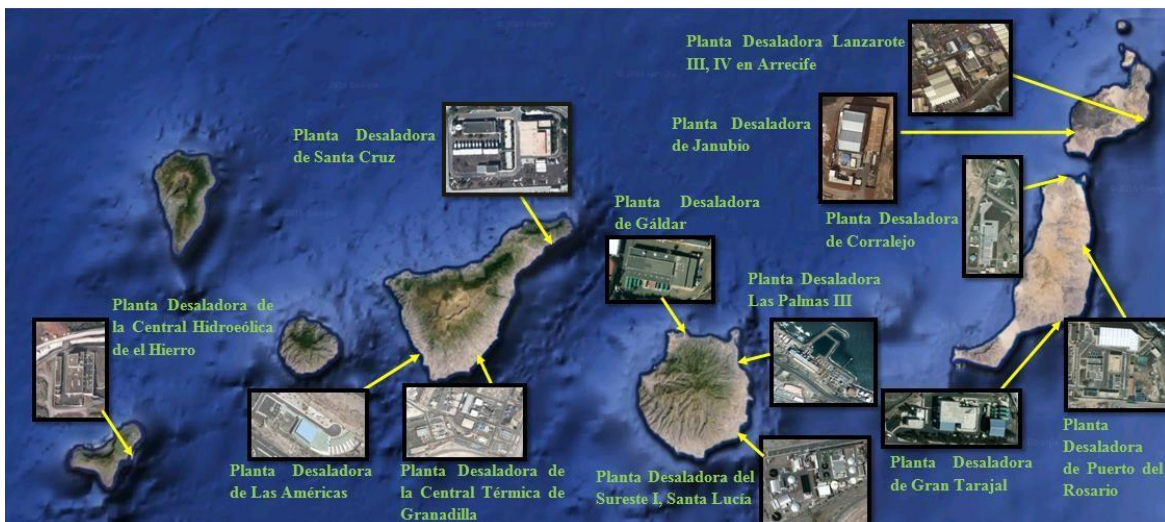
Gracias a la iniciativa privada ha permitido una producción de agua potable superior a 660.000 m<sup>3</sup>/día en todo el archipiélago Canario, pero eso sí, con la ayuda y el esfuerzo de las distintas administraciones públicas. Por lo cual se ha experimentado un crecimiento económico principalmente en las islas orientales que no se hubiese producido sin la desalación de agua de mar, dejando por tanto, ser el agua un factor limitativo del desarrollo de estos territorios.

Las competencias en materia de aguas corresponden a los Consejos Insulares después de que el Gobierno de Canarias lo traspasase a los Cabildos, aunque los ayuntamientos también tienen unas series de competencias en materia de abastecimiento municipal. Aunque, el Gobierno de Canaria desarrolla acciones en materia de desalación en el marco del Convenio Canarias-Estado en materia de Obras Hidráulicas.

La gran mayoría de los canarios podemos vivir en las Islas gracias a los sistemas de desalación de agua que consumimos, ya que carece de flujos continuos naturales de agua, ya que el abastecimiento tiene su origen principalmente, en el agua de mar, el agua salobre y el de los embalses, teniendo cada vez más valor la desalinización.

En la ilustración 1 se muestra la distribución de algunas de las desaladoras más significativas e importante de Canarias a día de hoy.

**Ilustración 1: Ubicación de las Desaladoras en Canarias**



Elaboración propia. Fuente consultada: Google Maps.

En las islas de Lanzarote como de Fuerteventura debido a la escasez de lluvia, el agua obtenida por desalación representa casi en su totalidad el 100% del agua que se consume. Mientras que en las islas más occidentales la representación del agua desalada, es menor respecto a su totalidad, debido a que disponen de otros recursos hídricos para obtener agua potable como por ejemplo, galerías o pozos, entre otros.

Álvaro Monzón en noviembre de 2015 publica en su Blog de Canarias7 un artículo de opinión de Dr. Baltasar Peñate Suárez, Jefe del Departamento de Agua del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC). Aportándonos información acerca del consumo de

energía en las plantas desaladoras del archipiélago, las tecnologías, así la reducción del impacto ambientales: “El consumo medio específico de energía en las grandes plantas desaladoras de agua de mar de gestión pública se encuentra cercano a los 4,5 kWh/m<sup>3</sup> (2012, DGIE), destacando algunas desaladoras que consiguen desalar por debajo de los 3,70 kWh/m<sup>3</sup>. Si bien los esfuerzos e inversiones realizadas en las últimas décadas por reducir el coste energético de las plantas desaladoras han sido muy importantes, aún conviven junto a nuevas y eficientes desaladoras, plantas con tecnología poco eficiente.

La energía destinada solamente para desalar agua en alguna de las islas supone más del 10% de la energía puesta en la red eléctrica. Es de destacar que las islas que tienen una mayor dependencia de la desalación de agua de mar, y que por tanto el coste energético del agua es mayor, coinciden con las islas con un mayor porcentaje de demanda de agua en áreas urbanas o urbanizadas (incluido riegos de zonas verdes y campos de golf), destacando el caso de Lanzarote y Fuerteventura con un 95% de la demanda con este carácter. Gran Canaria y Tenerife están en un nivel intermedio con un 62% y 59% respectivamente.

La utilización del agua de mar y su transformación en agua potable ha posibilitado, en los últimos cincuenta años el asentamiento poblacional y el desarrollo de áreas geográficas áridas, además de haber convertido a esta región en referente mundial en tecnologías de desalación en todos los aspectos (instalación, operación y mantenimiento, explotación, investigación, desarrollo, innovación, etc.).

Pero todo este desarrollo tecnológico, la búsqueda de alternativas para salvar la escasez de agua, así como el esfuerzo económico y social realizado para tener el mayor porcentaje de cobertura en la red de abastecimiento y saneamiento posible, tiene un coste ambiental y energético muy importante que es necesario tomar en consideración.

La reducción de los impactos ambientales de los vertidos en la costa, la reducción de químicos en el proceso, la utilización de energías renovables en grandes plantas, la distribución de agua de la costa al interior en una orografía compleja y la mejora continua de la eficiencia energética son los retos a los que se enfrenta Canarias en las próximas décadas; desafíos que de seguro serán superados gracias al incalculable conocimiento adquirido por los técnicos, gestores y explotadores de plantas desaladoras tras medio siglo de experiencia.”

Teniendo toda la información anterior, ahora sí, nos adentramos un poco más específicamente en las plantas desaladoras, haciendo hincapié en aquellas que considero más significantes, como puede ser la primera de Lanzarote de 1964, así como la de El Hierro por su innovación, además de las de Tenerife, centrándome principalmente en la de Santa Cruz, ya que a partir de ésta desarrollaré el proyecto.

### **3.1.1 LA PRIMERA PLANTA DESALADORA, LANZAROTE 1964**

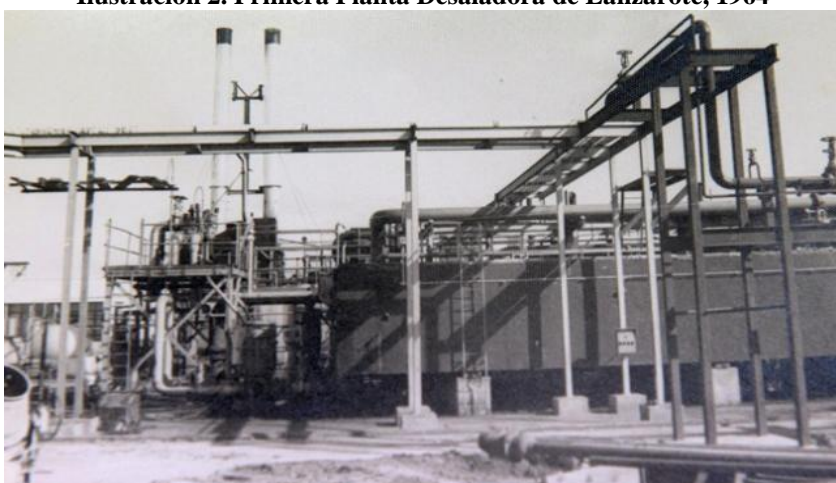
La primera planta desaladora implantada en Europa, España, fue en el Archipiélago Canario, concretamente en la isla de Lanzarote, en 1964, como ya he comentado anteriormente.

Fue un hecho histórico, ya que el agua del mar se transformaba en potable circulando por la red de distribución de Arrecife, abrir el grifo en las casas y obtener agua potable ya no era una odisea gracias a la implantación de la planta desaladora. Ya que anteriormente hasta esa fecha, el agua potable procedía únicamente de la lluvia, recogándose y administrándose con mucho cuidado, debido a que no se sabía ni cuándo, ni la cantidad de lluvia que iba a caer, produciendo en cada lanzaroteño incertidumbre, por lo que era necesario tener preparados y listos los diferentes sistema de captación y almacenamiento del agua. Por eso en cada casa se disponían de aljibes para almacenar el agua que discurría sobre sus azoteas y superficies encaladas al efecto, en otoño se limpiaban las superficies para evitar en lo posible la contaminación del agua, ya que era la época en la que se esperaban las lluvias. Además de los aljibes, se construyeron “maretas” en las que se recogía el agua que discurría por las barranqueras. Pasaron algunos años y el Cabildo Insular tomó la iniciativa de perforar una galería al pie del Risco de Famara, el único lugar de la isla en que existía un manantial producido por la condensación del agua en su parte alta. La producción media fue de unos 450 metros cúbicos diarios y, aunque el agua no era de muy buena calidad, dicho caudal vino a aliviar momentáneamente el problema tradicional de la isla. Por mucho que aliviara la situación del agua en la isla, era una necesidad, una obligación, aportar a cada uno de los vecinos de Lanzarote agua potable buena y de calidad, se necesitaba una solución definitiva, por lo que sólo cabía pensar en volver nuevamente los ojos al mar para resolver este importante problema. Lográndose así que se desarrollara e instalará una la planta potabilizadora en Lanzarote. (Díaz Rijo, M. 2007)



“El mar es el gran embalse de Lanzarote desde 1964, cuando en las navidades de ese año se puso en marcha en Arrecife la primera planta potabilizadora de Europa con la obtención, en fase de prueba, de la primera partida de agua potable. La distribución regular de abasto empezó en la primavera de 1965 y los vecinos de la capital fueron los primeros en abrir los grifos de sus casas y obtener el preciado líquido. El ingeniero naval Manuel Díaz Rijo hizo realidad su sueño: paliar la sed de sus compatriotas lanzaroteños. Fue también el inicio del desarrollo social y económico de la Isla de manos del turismo” (Fernández, A. 2014).

**Ilustración 2. Primera Planta Desaladora de Lanzarote, 1964**



Fuente consultada: Foro sobre Lanzarote.

<http://www.webdelanzarote.com/foro/viewtopic.php?f=1&t=2984>

A partir de este momento, Gran Canarias, Fuerteventura se unieron a este proyecto y más tarde lo hicieron el resto de isla que se aventuraron a la desalinización de las aguas, aportando así a toda la población canaria agua potable. Se instalaron todos los tipos de sistemas comerciales de desalación existentes, abarcando desde tecnologías de destilación hasta de membranas de última generación (Monzón, A. 2015).

Hasta finales del siglo XX, Canarias fue considerado un gran laboratorio para las diferentes técnicas de desalación con un amplio abanico de tecnologías, capacidades, calidades del agua bruta y aplicaciones del agua producto.

### 3.1.2 PLANTA DESALADORA DE EL HIERRO

El Hierro es la isla más pequeña del Archipiélago Canario, situada en la Provincia de Santa Cruz de Tenerife, contando con cuatro plantas desaladoras, (en La Restinga, El Tamaduste, El Golfo y en la propia Central Hidroeléctrica) siendo todas ellas perteneciente al sector público, a diferencias del resto de islas que predominan más el sector privado.

La última planta desaladora insular en establecerse en esta isla fue en el 2012 y se encuentra en el Valle del Golfo, en el municipio de La Frontera. Esta nueva desaladora permitirá la producción de agua desalada a partir del agua de mar mediante “el sistema de ósmosis inversa”, y se sumará a la red de desaladoras ya existente en la isla. Esta planta desaladora está compuesta por cuatro módulos de desalación, con una capacidad producción de 4.000 metros cúbicos de agua desalada por día. A esta planta se han incorporado cuatro pozos de captación de agua de mar que suministrarán el caudal de aporte a la planta, así como dos pozos de rechazo construidos para la evacuación del caudal de salmuera de la planta.

**Ilustración 3. Planta Desaladora de Frontera (El Hierro)**



Fuente Consultada: Qué!

<http://www.que.es/ultimas-noticias/espana/201202011658-hierro-incrementara-desalacion-aguas-golfo-efe.html>

Aunque en la isla de El Hierro podemos destacar, la Central Hidroeléctrica, que cuenta con una pequeña planta desaladora, ya que por su innovación a nivel mundial es la primera isla que se empieza abastecer de energías 100% naturales, procedentes de fuentes renovables.

La Central estará compuesta por dos depósitos de agua; uno inferior con capacidad para 150.000 m<sup>3</sup> y otro depósito superior, aprovechando una caldera volcánica natural, con una capacidad para 500.000 m<sup>3</sup>; un parque eólico compuesto por 5 aerogeneradores de 2,3 MW de potencia cada uno; una central hidroeléctrica compuesta por 4 turbinas Pelton de 2,8 MW cada una y con un salto neto de 682 metros, también se compone por una central de bombeo constituida por 2 grupos bombas de 1500 kW y 6 grupos bombas de 500 kW; una pequeña planta desaladora de osmosis inversas de 5 a 10 m<sup>3</sup>/día y finalmente una central de motores diesel ya existente la cual entraría en funcionamiento en casos excepcionales de emergencia en los que no hubiera ni agua ni viento suficientes para cubrir la demanda.

**Ilustración 4. Mapa de la Central Hidroeólica en El Hierro**



Fuente consultada: tuveras (2014).

<http://www.tuveras.com/prensa/elhierro.htm>

Con el sistema hidroeólico se conseguirá transformar una fuente de energía intermitente en un suministro controlado y constante de electricidad, maximizando el aprovechamiento de la energía eólica. La mayor parte de la energía vertida a la red de distribución de la isla provendrá de la central hidroeléctrica, utilizándose la mayoría de la energía eólica generada para alimentar el sistema de bombeo y, por tanto, ser almacenada en forma de energía potencial en el depósito superior, lo que garantiza la estabilidad de la red de distribución. El excedente de energía eólica se verterá directamente a la red, sirviendo para la desalación de agua.

### **3.1.3 PLANTA DESALADORA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE**

En Tenerife antes de crear las plantas desaladoras se consumía agua potable gracias a los pozos y galerías de agua, incluso a día de hoy, hay ciudadanos que la siguen utilizando para el consumo propio, además para la plantación y animales, era y es toda una tradición. Se encontraban situados a 40km de distancia, permitiendo así aprovechar los acuíferos subterráneos procedentes de la lluvia.

La isla de Tenerife cuenta con 41 plantas desaladoras, a las cuales, se van a incorporar a esta red, dos más, la de Guía de Isora y Granadilla de Abona, que se encuentra ultimando los detalles para iniciar así su fase de prueba, la de Guía de Isora abastecerá de agua potable a más de 70.000 habitantes mientras que la de Granadilla de Abona beneficiará a unos 60.000, esta última utiliza un sistema de ósmosis inversa para el tratamiento de

14.000 metros cúbicos, cantidad que puede ampliarse a 21.000 metros cúbicos/día en una segunda fase y hasta 42.000 metros cúbicos/día en el futuro, y la primera tratará 14.000 metros cúbicos al día en una primera fase, ampliable a 21.000 metros cúbicos/día.

La Planta Desaladora de Santa Cruz, en este proyecto es fundamental, ya que a partir de ésta se va a desarrollar este proyecto, por eso es necesario conocer todo lo anterior, cómo surgen las plantas desaladoras, cual fue la primera, la aportación de las energías renovables como en la isla de El Hierro, y todo lo que conlleva la transformación del agua de mar a agua potable. , pero también es necesario conocer cómo funciona una planta desaladora desde su interior, cómo se trabaja, que tipo de mecanismo utilizan para solucionar problemas, etc.

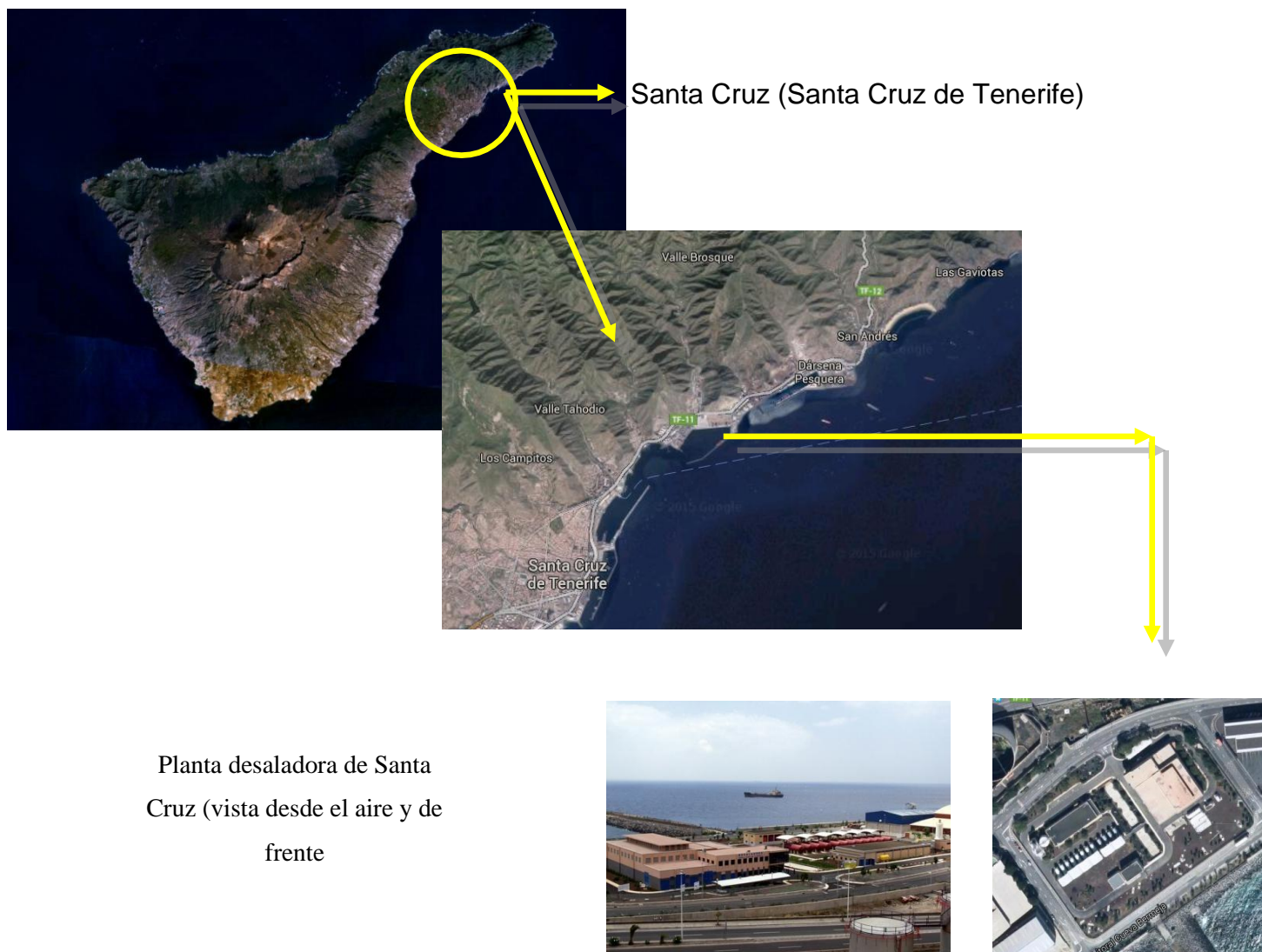
La Desaladora de Santa Cruz de Tenerife, constituye una de las últimas instalaciones en las Islas, situada entre Santa Cruz y San Andrés, en terrenos del Puerto de Tenerife, concretamente en la zona conocida como “Dique del Este”, la situación en la que se encuentra prácticamente no tiene incidencia medioambiental, con una arquitectura invasora del espacio visual, al igual que cuidando al detalle los espacios abiertos y zonas ajardinadas.

En octubre de 2001 el ministro de Medio Ambiente inauguró esta desaladora. Construida con tecnología puntera, la utilización de membranas de osmosis inversa de última generación, y la incorporación de componentes de alto rendimiento que

minimizan el consumo energético, unido a los periódicos análisis ambientales para corregir y reducir el impacto ambiental.

Fue diseñada para lograr una producción superior a los 20.000 m<sup>3</sup> diarios, asegura el suministro de agua a 80.000 personas, lo que representa una tercera parte de la población total de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife.

Ilustración 5. Planta desaladora de Santa Cruz<sup>2</sup>



<sup>2</sup>Elaboración propia. Fuente consultada: Diario de Avisos (2014). <http://www.diariodeavisos.com/2014/01/estado-reduce-20-ayuda-desalacion-en-santa-cruz/>. Google Maps.

Fue necesaria crear esta planta desaladora en Santa Cruz, debido al crecimiento económico y demográfico del municipio, al igual que la creciente afluencia de turismo a la isla, hizo que fuera necesario esta infraestructura para garantizar el establecimiento de agua potable a toda la población, aunque la realidad abastece hasta el momento a una tercera parte de la población total de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife.

El agua dulce de Santa Cruz, parte de la planta desaladora de forma que el agua bombeada discurre dentro de la ciudad por sus arterias más importantes, hasta llegar a los diferentes depósitos como son el de Fumero, Salamanca, Plaza de toros y Cueva Roja. Y a estos depósitos se le han instalados, válvulas y bombas automáticas, medidores electromagnéticos de caudal y de nivel que son controlados desde la planta desaladora, a través de software o por telemando vía radio.

Cómo ya anteriormente cité, no es la única planta desaladora en la islas, hay nuevas a punto de incorporarse a esta red, y también podemos destacar otras como la de la Playa de Las Américas, la primera fase de la Estación Desaladora de Agua de mar, empezó a funcionar en 1998 con una capacidad de 10.00m<sup>3</sup>/día, pero al tener tanta escasez de agua se duplicó la producción de la misma. También son importantes las de aguas salobres en el

Norte y Oeste de Tenerife, principalmente la comarca de Icod, además de las galerías que se siguen utilizando como recursos.

Cada una de las plantas desaladoras que se encuentra en el Archipiélago Canario, hacen una labor fundamental que es abastecer de agua potable a todo ciudadano, siempre eso sí, con el cuidado del impacto ambiental, utilizando las tecnologías más avanzadas, y utilizando las energías de forma adecuada. Teniendo grandes ayudantes naturales como es el sol, el viento, y el agua marina, pudiendo promover estos sistemas de manera eficiente y eficaz.

En Canarias, la desalación se produce mayoritariamente por estos tres sistemas:

- *Osmosis inversa*: Cuando dos soluciones con diferentes concentraciones separadas por una membrana semipermeable, existe un flujo natural de agua de la parte menos concentrada a la parte más concentrada para igualar las concentraciones finales

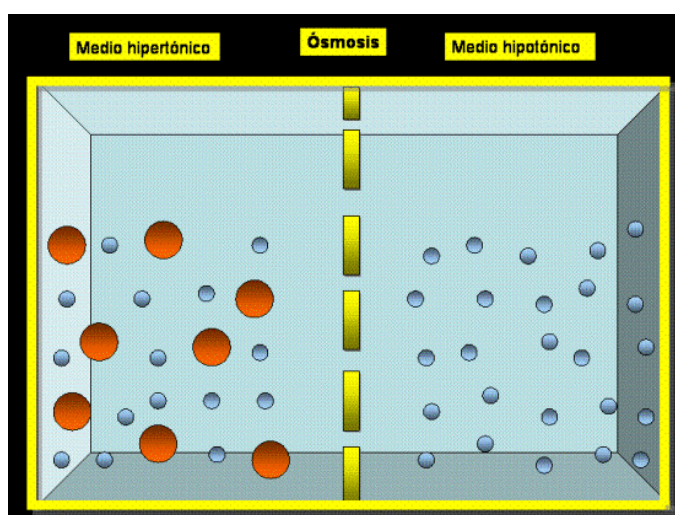
El paso del agua crea una presión denominada presión osmótica.

Este proceso lo podemos invertir aplicando una presión externa mayor a la presión osmótica haciendo circular el agua de la solución más concentrada a la menos concentrada.

Como resultado conseguiremos de un lado las sales y por el otro lado el agua purificada con bajo contenido en sales.

Por lo tanto la ósmosis inversa es una técnica de hiperfiltración donde el agua pasa a través de la membrana y se exige que los niveles de sólidos en suspensión y materia viva sean lo más pequeños posibles para evitar un rápido ensuciamiento de la membrana.

**Ilustración 6: Proceso de ósmosis inversa**

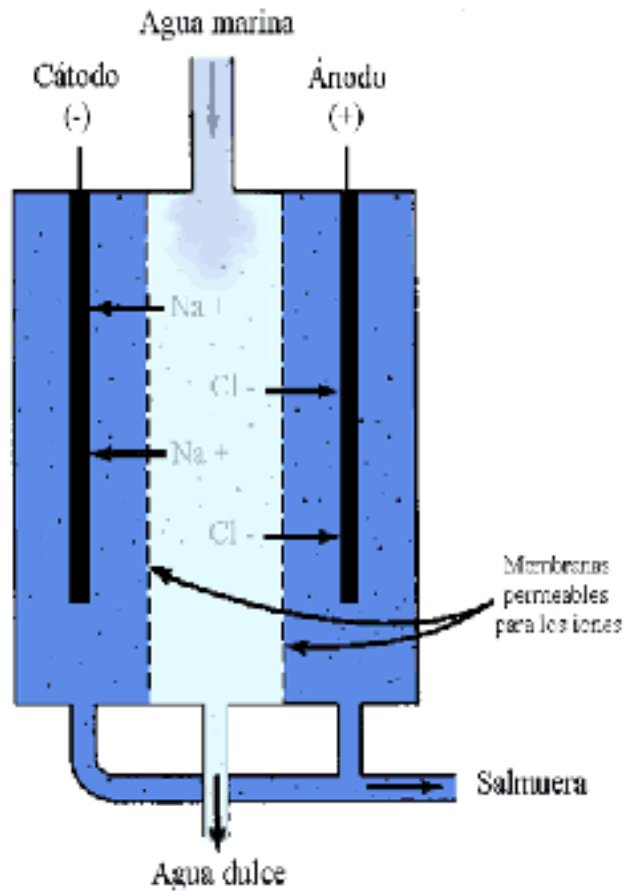


Fuente consultada: [desalinizaciondelagua.wordpress.com](https://desalinizaciondelagua.wordpress.com)

<https://desalinizaciondelagua.wordpress.com/author/francoroa/>

- Por *electrodialisis*: Este proceso permite la desmineralización de aguas salobres haciendo que sus iones de diferentes signos se muevan hacia zonas diferentes gracias a su campo eléctrico creado con una diferencia de potencial aplicada sobre electrodos y utilizando membranas selectivas que permitan solo el paso de los iones en una solución electrolítica como es el agua salada.

Ilustración 7: Proceso de electrodiálisis



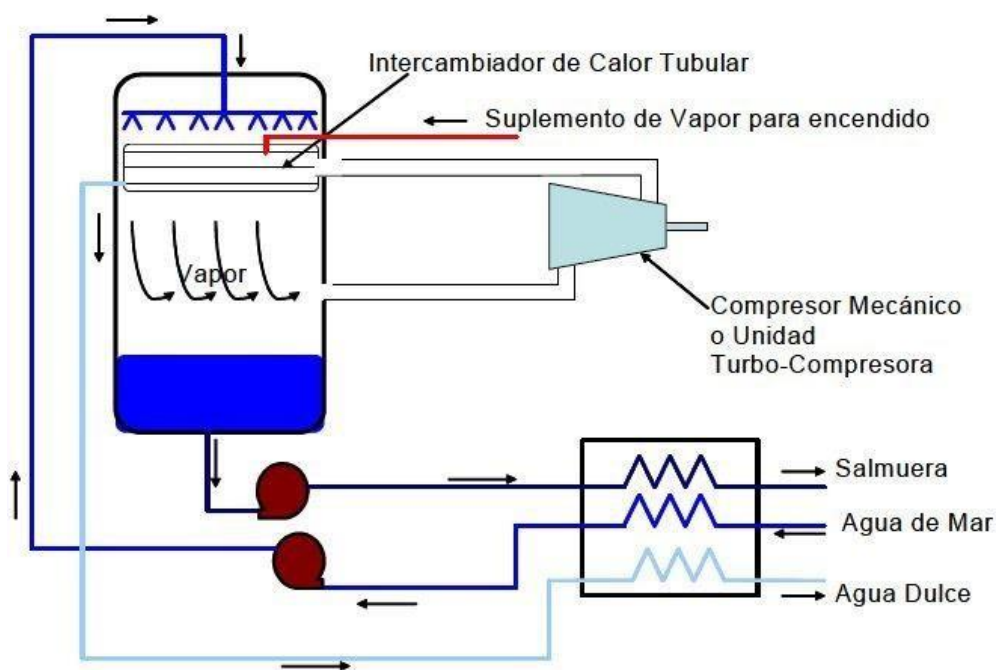
Fuente consultada: [desalinizaciondelagua.wordpress.com](https://desalinizaciondelagua.wordpress.com)

<https://desalinizaciondelagua.wordpress.com/author/francoroa/>

Por *compresión de vapor*: El agua de mar es puesta en contacto con el vapor comprimido mediante unos aspersores, los cuales riegan el agua alrededor de una tubería dentro de la que circula el vapor comprimido. Debido al intercambio de calor, una porción del vapor comprimido condensa dentro de los tubos, produciendo de esta forma el agua dulce; el vapor generado fuera de los tubos, es comprimido a través de un compresor mecánico para que se inicie nuevamente el proceso.



**Ilustración 8: Proceso de compresión mecánica de vapor**



Fuente consultada: [desalinizaciondelagua.wordpress.com](http://desalinizaciondelagua.wordpress.com)

<https://desalinizaciondelagua.wordpress.com/author/francoora/>

La desalinización se expande ya por todo el mundo, en Argelia, están en construcción siete grandes plantas desalinizadoras, en California, México, ya se empiezan a implantar las primeras plantas, en Oriente Medio la mayoría de plantas venían utilizando técnicas de vaporización, y las españolas destacan para la construcción y gestión de plantas de ósmosis inversas eficientes desde un punto de vista energético o híbridas. Las empresas españolas dedicadas a este sector están trabajando en Arabia Saudí, Omán y los Emiratos Árabes Unidos, y prevén ampliar su presencia en este mercado, siendo empresas pioneras, con experiencia en el tratamiento de aguas en general, teniendo los mejores antecedentes del mundo en plantas desaladoras, siendo la primera implantada la de Lanzarote.

Según el Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente, cientos de científicos de todo el mundo consideran la escasez de agua como uno de los principales motivos de preocupación del nuevo milenio. Las empresas españolas están planeando utilizar su experiencia técnica en desalinización para mejorar la situación hídrica de millones de personas de todo el mundo, sabiendo aprovechar para ello la práctica ilimitación que

ofrecen los mares.

El agua es fundamental y cada vez es considerado como un bien preciado por toda la población del mundo, es necesario cuidar nuestros mares, de nuestra naturaleza, ya que ella nos aporta muchos beneficios a nivel personal, económico y social. El mar, es la materia prima de la desalación, por eso hay que cuidarlo con mucho cuidado, y así obtendremos agua de calidad.

### 3.2 NORMATIVAS DE LAS AGUAS DE CANARIAS Y CONSEJOS REGULADORES DE LAS ISLAS

Las aguas de Canarias tienen una serie de normativas por las que se rigen para poder ser utilizadas, aquí algún ejemplo de ellas donde el agua es regulada, así mismo, hay consejos reguladores de agua, que a continuación se verán.

- Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas (B.O.C. 94, de 27.7.1990; c. e. B.O.C. 133, de 24.10.1990)
- Ley 44/2010, de 30 de diciembre, de aguas canarias. Jefatura del Estado «BOE» núm. 318, de 31 de diciembre de 2010 Referencia: BOE-A-2010-20140.
- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Los Consejos Reguladores de Canarias se crea a raíz de la “*Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas*, siendo una entidad de Derecho Público con personalidad jurídica propia y plena autonomía funcional, que asume, en régimen de descentralización y participación, la dirección, ordenación, planificación y gestión unitaria de las aguas en los términos que se establecen. Corresponde, según la Ley, al Gobierno de Canarias aprobar el Estatuto Orgánico de los Consejos Insulares para cada isla, en función de sus características particulares, a propuesta del Cabildo respectivo”. (Agua Gomera).

A continuación se verá un cuadro de doble entrada en el cual se observa cada isla con su Consejo Regulador de aguade las Islas Canarias.

TABLA 1. CONSEJOS REGULADORES DE AGUA DE LAS ISLAS CANARIAS

ISLA	CONSEJOS REGULADOR DE AGUA
Tenerife	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balsas de Tenerife (BALTEN)</li> <li>- Consejo Insular de Aguas de Tenerife</li> <li>- Servicio público de abastecimiento de agua a poblaciones</li> <li>- Centro Canario del Agua</li> <li>- Plan Hidrológico Insular</li> </ul>
Gran Canarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consejo Insular de aguas de Gran Canaria</li> </ul>
Lanzarote	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consejo Insular de agua de Lanzarote</li> <li>- Canal gestión de Lanzarote</li> </ul>
Fuerteventura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consejo Insular de agua de Fuerteventura</li> <li>- Consorcio de abastecimiento de aguas de Fuerteventura (CAAF)</li> </ul>
La Palma	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consejo Insular de agua de la Palma</li> </ul>
El Hierro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consejo Insular de aguas de el Hierro</li> </ul>
La Gomera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consejo Insular de agua de La Gomera</li> </ul>

A partes de estos consejos reguladores y normativas, también existen empresas que se dedican al tratamiento del agua, dar soluciones a problemas con respecto a dicho tema, abastecer a la población de agua potable, como es CANARAGUA, TEIDEAGUA, ENMASA, EMALSA, etc., que trabajan por y para el agua de la ciudadanía.



#### ***IV. MATERIAL Y MÉTODO***

## **4.1 MATERIAL**

Se hará hincapié en la descripción y funcionamiento de la planta desaladora de Santa Cruz, empezando por un breve resumen del proceso de producción de agua, desde la captación de agua de mar, hasta ser almacenada y distribuida hacia la ciudad. También se mencionarán las principales características de la planta y una descripción más avanzada del funcionamiento con la ayuda de imágenes de los equipos utilizados y la función que hacen cada uno de ellos en cada proceso para la producción de agua dulce y a su vez la distribución hacia la ciudad de Santa Cruz.

### **4.1.1 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE PLANTA DESALADORAS DE SANTA CRUZ.**

Para entender el funcionamiento de la Planta Desaladora, a continuación, se realiza una descripción y funcionamiento ésta. Dichos procesos se empieza con la captación de agua de mar a través de unos pozos costeros y unas ocho bombas sumergibles, el agua pasa por un pre-tratamiento físico-químico, seguidamente el agua llega a unas turbobombas donde la llevan a unos bastidores donde se hace la osmosis inversa, luego el agua permeada es remineralizada mediante cal y CO<sub>2</sub> para finalmente ser almacenada en un depósito e impulsada a la ciudad mediante cuatro bombas centrifugas. A la ciudad llega a varios depósitos y estaciones de bombeo.

## 4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DESALADORA

✚ **Pozos costeros:** 9 + 1 de reserva

✚ **Pre-tratamiento:**

4.1.2.1 *Filtros de arena:* 8 de 1º etapa y 4 de 2º etapa

4.1.2.2 *Filtros de cartucho:* 6

✚ **Configuración:**

4.1.2.3 *Producción:* 3 Turbobombas + 1 reserva, con Turbinas Pelton de recuperación de energía.

4.1.2.4 *Sistema de desalación:* ósmosis inversa

✚ **Capacidad de producción:**

4.1.2.5 *Teóricos:* 21.000 m<sup>3</sup>/día

4.1.2.6 *Reales:* 23.800 m<sup>3</sup>/día

✚ **Infraestructura para una ampliación:**

▪ 1º FASE: 28.800 m<sup>3</sup>/día

▪ 2º FASE: 48.000 m<sup>3</sup>/día.

✚ **Potencia eléctrica instalada:** 8.000 kW

✚ **Consumo específico total:** 3,97 kWh/m<sup>3</sup>



A continuación, en la ilustración 9 se observa un diagrama de flujo de los procesos de la planta desaladora.

**Ilustración 9. Diagrama de Flujo**



Fuente: Elaboración propia

En la (ilustración 10)<sup>3</sup> se observa la distribución de depósitos y estaciones de bombeo perteneciendo a una de las partes del diagrama de flujo, concretamente el que se encuentra marcado en la imagen anterior con un cuadrado de color amarillo.

**Ilustración 10. Distribución de depósito y estaciones de bombeo**



Fuente: Elaboración propia. Fuente consultada: Google Maps.

<sup>3</sup> Distribución de depósito y estaciones de bombeo. N° 1: Planta Desaladora, N°2: Depósito y estación de bombeo de Fumero, N°3: Depósito de Plaza de Toros, N° 4: Depósito de Cueva Roja, N° 5: Depósito y estación de bombeo de Salamanca

### 4.1.3 CAPTACIÓN

La captación de agua de mar se realiza mediante pozos costeros, con una profundidad media de 30 metros, situados en la parcela de la desaladora. En la ilustración 11 se pueden observar que en los pozos costeros en servicio se disponen de grupos sumergibles compuesto por motores eléctricos y bombas sumergibles que son las responsables de captar agua de mar e impulsarlas hacia la planta desaladora.

Los pozos recogen el agua marina filtrada por el terreno de manera natural y seguidamente, el agua es conducida por un colector hasta la siguiente fase de pretratamiento.

En esta fase, el funcionamiento es regulado por las consignas de caudal de alimentación y presión que, en cada momento designa el Jefe de Planta.

**Ilustración 11. Pozo costero (1), motor y bomba de mar (2), y tuberías de impulsión (3)**



Fuente: Elaboración propia

Los operarios de producción, siguen constantemente los niveles que alcanzan los parámetros a controlar a través de la aplicación informática y de la inspección visual de la planta, además el responsable de laboratorio recoge una muestra de agua en esta etapa del proceso para su posterior análisis. De esta forma, se asegura que esta actividad se mantiene dentro de los límites de aceptación.

#### 4.1.4 PRETRATAMIENTO

Las membranas de ósmosis inversa requieren condiciones específicas en el agua de entrada para su correcto funcionamiento. Por tanto, antes de comenzar la desalación, se realiza un pretratamiento físico y químico.

El **tratamiento físico** se realiza en tres pasos: dos de ellos sobre filtros de arena y un tercero sobre filtros de cartuchos.

❖ Filtración por arena (primera y segunda etapa): la filtración tiene por objeto la eliminación de las partículas sólidas presentes en el agua de alimentación de los bastidores.

En la ilustración 12 se observan los ocho filtros monocapa de arena de 1º etapa y la ilustración 13 se observan los cuatro filtros bicapa de arena antracita.

**Ilustración 12. Filtro de Arena 1ª etapa**



Fuente: Elaboración propia

El Jefe de Planta determina el valor consigna de presión de los filtros y los criterios para su limpieza. El personal de producción controla la pérdida de carga de los filtros para estimar la necesidad de limpieza de los filtros, así como la pérdida en las líneas hidráulicas; en caso de superación del valor consigna se realiza la limpieza.

En el caso de contaminación de los filtros, se realiza una desinfección del agua con hipoclorito sódico, con el objeto de eliminar las bacterias presentes.

Conforme pasa el tiempo, el filtro de arena se va ensuciando y aumentan las pérdidas de carga dentro de él, siendo necesario realizar cada 3 meses un lavado del lecho filtrante. Y también se puede detectar que está sucio debido a que hay una alta diferencia de presión dentro del filtro alrededor  $0,8 \text{ kg/cm}^2$ .

**Ilustración 13. Filtro de arena 2ª Etapa**



Fuente: Elaboración propia

❖ Micro-filtración por cartuchos: tras la filtración por arena, el agua pasa a los filtros de cartucho, dónde se distribuye en 6 filtros con cerca de 200 cartuchos cada uno, que retiren las partículas de diámetro mayor a 5 micras.

**Ilustración 14. Filtros de cartucho**



Fuente: Elaboración propia

La suciedad de los filtros se controla mediante un manómetro de presión diferencial para determinar su saturación y sustitución posterior. El valor de éste parámetro es controlado por los operarios de producción y según la consigna del Jefe de Planta, los filtros serán sustituidos. En la ilustración 15 se observan en la primera imagen filtros limpios y en la segunda filtros sucios.

**Ilustración 15. Filtros limpios (1) y sucios (2).**



Fuente: Elaboración propia

Los **tratamientos químicos**, se basan en la dosificación de coagulante, ácido sulfúrico y dispersante que eliminan del agua de mar los desarrollos biológicos, las partículas coloidales, los precipitados y las sustancias oxidantes que pudieran dañar gravemente a las membranas:

- Dosificación de *ácido sulfúrico*: tiene por objeto bajar el pH del agua hasta unos valores en los cuales, se elimine el riesgo de precipitación de los carbonatos en las membranas.
- Dosificación de *coagulante*: se utiliza para la eliminación de la materia en suspensión y los coloides presentes en el agua de mar.

Las dosificaciones anteriores se realizan de forma automática al colector que conduce el agua, mediante bombas dosificadoras, pero actualmente estos dos pre-tratamientos no

están en funcionamiento debido, a que el agua que viene de los pozos se encuentra en buenas condiciones.

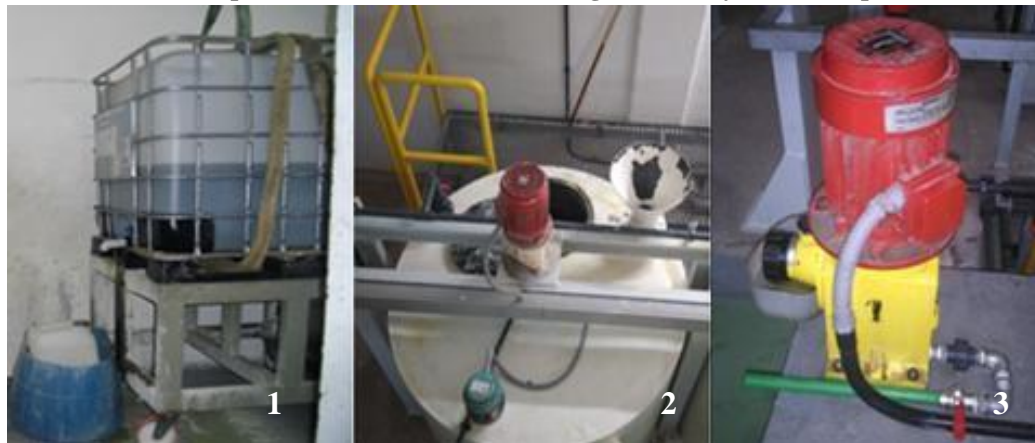
**Ilustración 16. Depósitos de ácido sulfúrico y coagulante.**



Fuente: Elaboración propia.

- Dosificación de *dispersante*: tienen por objeto dificultar la precipitación de las sales de sulfato cálcico, sulfato de estroncio, fluoruro cálcico y otras sales sobre la superficie de las membranas. En la ilustración 17 se puede ver el dispersante en un multi-box que luego se introduce una cierta cantidad en una cuba con agua, se mezcla mediante un agitador y se inyecta a partir de los filtros de cartucho, mediante unas bombas dosificadoras.

**Ilustración 17. Depósito multi-box (1), cuba con agitador (2) y bomba dispersante (3)**



Fuente: Elaboración propia

El operador de producción se encarga de verificar el nivel de reactivo para asegurar la disponibilidad de mezcla, así como una dosificación correcta. Así mismo comprueba visualmente el correcto funcionamiento de las bombas y la ausencia de fugas en la línea.

El responsable de laboratorio toma una muestra de agua al finalizar la etapa de pretratamiento para asegurar su idoneidad con las especificaciones de trabajo de las membranas de ósmosis inversa y si no es así, se tomaran medidas para corregir las incidencias.

#### 4.1.5 ÓSMOSIS INVERSA

En la ilustración 18 se observa la sala de bastidores donde se lleva a cabo la ósmosis inversa. Está compuesta por tres líneas de producción independientemente, tres bastidores de membranas y tres grupos de alta presión (uno por bastidor), más otro grupo e reserva, lo que permite adecuar la producción a la demanda de agua en todo momento.

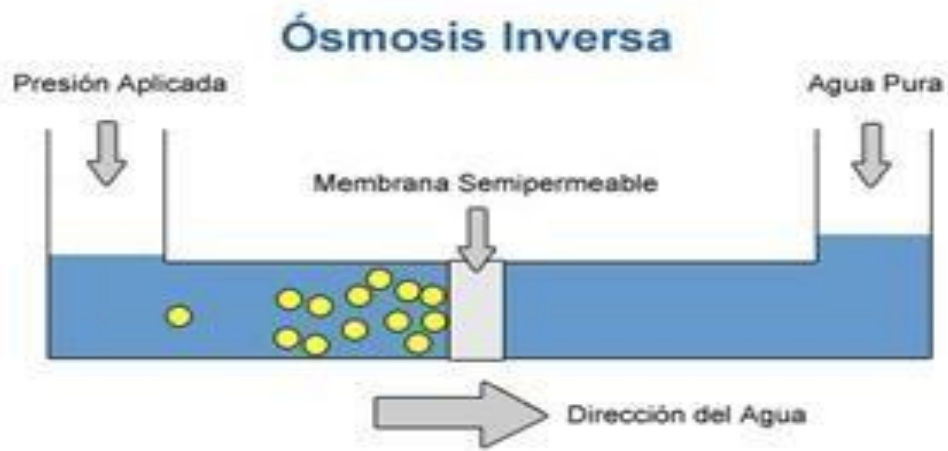
**Ilustración 18. Bastidor y grupo de alta presión**



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 19 se observa un esquema que explica visualmente el proceso de la ósmosis inversa. El agua salada pasa a través de una membrana en la cual se le ejerce una cierta presión, gran parte de las moléculas quedan retenidas haciendo que salga agua pura.

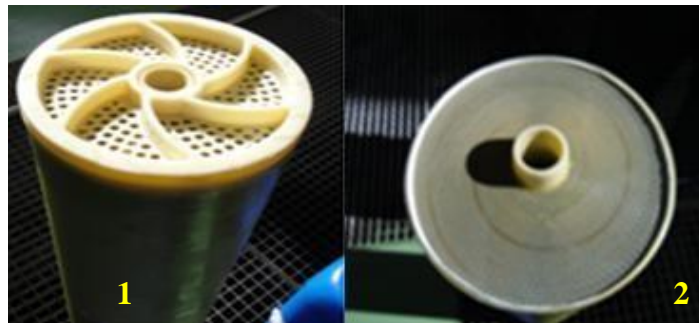
Ilustración 19. Proceso de ósmosis inversa



Fuente: Aguabona

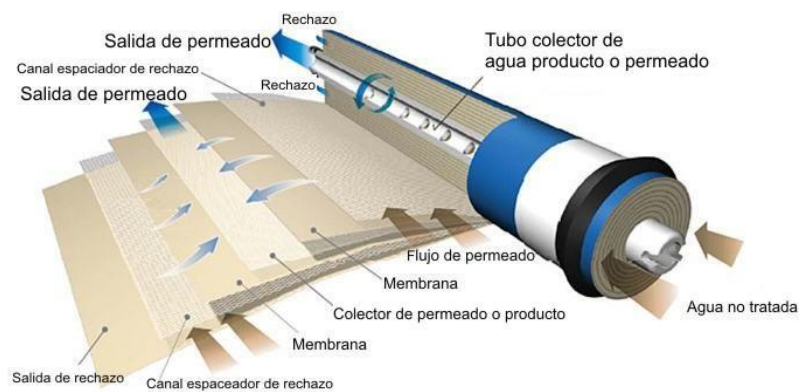
<http://www.aguabona.com/osmosis.jsp>

Ilustración 20. Exterior (1) e interior (2) de una membrana



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21. Distintas capas de una membrana



Fuente: Osmosisinversafiltroagua <http://www.osmosisinversafiltroagua.com/tipos-de-membranas/>



En la ilustración 22 se observan las zonas de alta y baja presión donde el agua de mar pre- tratada que viene de las Turbobombas es bombeada a la zona de alta presión hacia los tubos de los bastidores de membranas. Por la zona de baja presión que es la parte trasera de los tubos del bastidor salen dos corrientes, una de agua osmotizada o de permeado (tubo de color verde) y otra de agua de rechazo o salmuera (tubo de color gris)

**Ilustración 22. Zona de alta (1) y baja presión (2)**



Fuente: Elaboración propia

La conductividad del agua de permeado de los bastidores es controlada por los operarios de producción para determinar si necesaria la reparación de alguno de los elementos del bastidor.

El responsable de laboratorio toma muestras de cada uno de los bastidores de agua permeado y del colector de los mismos para su posterior análisis y así, asegurar la calidad del producto.

#### **4.1.6 REMINERALIZACIÓN**

El agua permeada que sale las membranas de ósmosis tiene un pH bajo y carece de algunos minerales para que sea considerada agua potable, por lo tanto, deberá seguir todavía un proceso de tratamiento, para conseguir ajustar algunas de sus propiedades para

el consumo humano. La remineralización del agua permeada se realiza mediante la dosificación de hidróxido cálcico (cal) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En la ilustración 23 se muestra el cuarto de la cal, con el silo en su parte superior, al lado del cuarto el depósito del CO<sub>2</sub> y el saturador de la cal.

**Ilustración 23. Remineralización**



Fuente: Elaboración propia

- El sistema de manejo y dosificación de hidróxido cálcico consta de un silo, un transportador y una cuba para la preparación de la suspensión de cal.
- El dióxido de carbono se inyecta directamente al tanque de almacenamiento posterior de agua mediante dosificación automática.

La dosificación es automática mediante un valor consigna designado por el Jefe de Planta. El personal de producción se encarga de verificar el nivel de hidróxido cálcico y el volumen de dióxido de carbono para asegurar la disponibilidad de los productos así como la conformidad de la producción, así mismo se comprueba visualmente el correcto funcionamiento de las bombas y la ausencia de fugas en la línea.

#### **4.1.7 ALMACENAMIENTO Y ENTREGA.**

Una vez concluido el proceso de remineralización donde es el último proceso de la desalación, el agua se almacena en un depósito de agua producto de 2.000 m<sup>3</sup> de hormigón armado, sección rectangular e impermeabilizada interiormente. Este depósito

se subdivide en varios compartimentos, uno donde entra el agua proveniente de los bastidores, otros dos donde uno se inyecta la cal y el CO<sub>2</sub> y luego otro de almacenamiento. En la ilustración 24 se muestra dicho depósito y la tubería de color azul, que es la que trae el agua de los bastidores y es introducida en el depósito donde se mezcla con la cal y el CO<sub>2</sub>.

**Ilustración 24. Depósito de agua producto**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 25. Depósito y bombas dosificadoras de hipoclorito**



Fuente: Elaboración propia

Al agua remineralizada se le dosifica hipoclorito sódico desde un pequeño depósito y con la ayuda de una pequeña bomba dosificadora se inyecta en una de las bombas centrifugas de impulsión a ciudad. Esto se hace para evitar alguna posible contaminación durante el transporte hasta el depósito de distribución del cliente. En la ilustración 25, se observa pequeño tanque de hipoclorito sódico y dos bombas dosificadoras

La responsable de laboratorio toma muestra del agua producto para comprobar la calidad del agua.

**Ilustración 26. Bombas centrifugas**



Fuente: Elaboración propia

Por último, con la ayuda de cuatro bombas centrifugas, bombean el agua tratada mediante una tubería y distribuida por varios depósitos de la ciudad

## 4.2 MÉTODOS

Para la realización de este Trabajo Fin de Grado me he basado en la consulta y búsqueda de información a través de diferentes webs, artículos, planos, manuales técnicos, programas informáticos, así como la observación en la empresa. Además de hacer preguntas a los trabajadores de la Planta Desaladora de Santa Cruz de Tenerife, así como de la realización de las prácticas realizadas en dicha desaladora he podido desarrollar dicho trabajo.

La búsqueda de información mediante webs, artículos, blogs, etc., ha sido necesaria sin duda alguna, sobre todo para el apartado de *revisión y antecedentes* de este proyecto, ya que es necesario echar una vista atrás y conocer cuáles son los orígenes y las causas por lo que surgen las plantas desaladoras, principalmente en Canarias.

Así mismo el tener la oportunidad de desarrollar las prácticas curriculares del grado en Tecnologías Marinas en dicha empresa, me ha dado la posibilidad de poder ejecutar el trabajo mediante este tema, saber y conocer como es el funcionamiento, características, mantenimientos y averías de la Planta Desaladora de Santa Cruz y conocer de primera mano lo anterior, dándome esta información respuesta principalmente al apartado de *resultados*.

Cuando uno se sumerge y adentra en la realidad de unas prácticas o de un estudio como es este caso, es cuando uno más aprende, se informa, y le da curiosidad por seguir adquiriendo conocimientos nuevos que en un principio no tenía, obteniendo por tanto un interés pleno respecto a la temática a trabajar.

Sin duda alguna, lo más que me ha ayudado a la realización, elaboración y desarrollo de este trabajo es mi paso por la Planta Desaladora, obteniendo información de primera mano, y pudiendo como ya cite anteriormente participar en las labores de la empresa, sirviendo de base para la realización de este documento.

## **V. RESULTADOS**

En este apartado de resultados se detallarán las labores que hace cada trabajador en sectores como operaciones, mantenimientos mecánicos y eléctricos. Ya que dentro de la planta desaladora es muy importante que todos trabajen para un mismo fin, que es mantener la planta segura y en pleno régimen de producción.

Otro punto a destacar es el mantenimiento que se realiza todos los días en la planta, estos mantenimientos son tantos preventivos ya que se rigen por un programa informático en el cual avisa del mantenimiento que se va hacer o también de un mantenimiento correctivo que en este caso son averías que se producen y hay que repararlas.

Además, se puede observar al final de este apartado una tabla con datos técnicos de los equipos.

### ***5.1 MANTENIMIENTO Y AVERÍAS DE LA PLANTA DESALADORA DE SANTA CRUZ.***

Se explicara en este apartado los mantenimientos y averías que surgieron en la planta desaladora, desde una parada de un bastidor hasta una avería de un motor eléctrico de un grupo sumergible. Los procesos de operaciones, mecánicos y eléctricos, están siempre en concordancia, debido a que muchos trabajos se hacen conjuntamente. Primeramente se explicaran mantenimiento de operaciones, luego mantenimiento y averías mecánicas y finalmente mantenimiento eléctrico.

#### **5.1.1 PROCESO DE OPERACIÓN**

Los procesos de operaciones se controlan desde la sala de control y son los que más atentos tienen que estar ya que se basa en paradas o arranques de un bastidor, lavado de filtros de arena, dichos procesos son muy delicados ya que un error puede producir una parada de planta. A parte de estar en la sala de control, también se hace diariamente una recogida de datos de los equipos de toda la planta, se recogen datos, como intensidades, voltajes, rpm, caudales, presiones, etc. También otras operaciones son las de introducir sacos de cal en el silo y regular la entrada de CO<sub>2</sub> al depósito en el proceso de remineralización. También introducir dispersante en una cuba para su inyección desde los filtros de cartucho, donde la función que tienen es que en las membranas no cristalicen y puedan obstruirlas.

Los procesos que se hicieron en la planta desaladora en la sección de operaciones y los que se van a explicar a continuación son el proceso de parada y arranque de un bastidor, proceso de desplazamiento de un bastidor y proceso de limpieza de un filtro de arena.

### 5.1.1.1 PROCESO DE PARADA Y ARRANQUE DE UN BASTIDOR

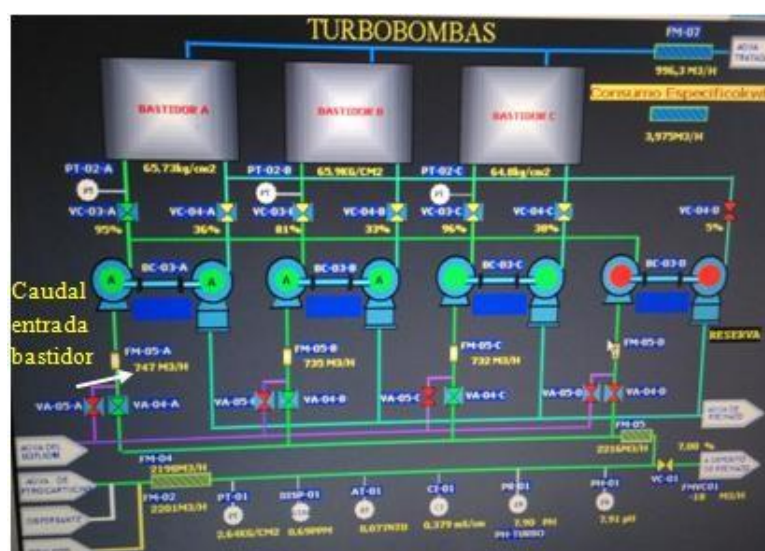
Estos dos procesos son muy parecidos, ya que en ambos se hacen operaciones similares. Por ello las imágenes que se muestran son las mismas en cada proceso. No obstante son procesos fundamentales en la Planta Desaladora.

#### 5.1.1.1.1 PARADA DE UN BASTIDOR

El objetivo principal de este proceso es la parada del bastidor, no obstante cuando se habla de parada de bastidor, lo que se hace es parar la Turbobomba que a su vez para dicho bastidor. Esta parada puede estar programada por el Jefe de Planta o también por qué se va a reparar algún tubo o alguna otra avería.

La operación es muy sencilla y en la ilustración 27 y 28 se pueden observar las pantallas del programa informático que se controlan desde la sala de control, los parámetros que se controlan son, el caudal que entra al bastidor, el caudal de las bombas sumergibles, la presión del colector y el oleaje de las mares.

Ilustración 27. Pantalla de bastidores y turbobombas



Fuente: Elaboración propia



## RESULTADOS

Para ello hay que hacer unos cálculos debido a que, se va a parar un bastidor, eso conlleva a que necesitamos menos agua para producir, por lo tanto se tienen que bajar los caudales de algunas bombas sumergibles, pero conjuntamente hay que observar el oleaje de la marea, es decir la pleamar o la bajamar, ya que si hay pleamar tendríamos más presión en el colector y si hay bajamar menos presión. Y así poder calcular la presión de consigna y la presión del colector. Para bajar el caudal de las bombas sumergibles se entra en la pantalla de consigna ilustración 29 y se va introduciendo pequeños valores que hacen bajar las rpm de la bomba y así disminuir el caudal.

**Ilustración 28. Pantalla de bombas de mar y oleaje**



Fuente: Elaboración propia

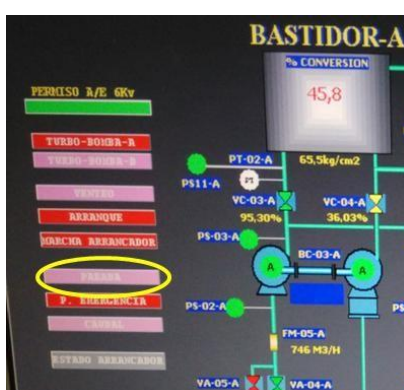
**Ilustración 29. Pantalla de regulación de caudal de bomba sumergible**

CAPTACION									
CONSIGNA ALARMA TEMPERATURA BOMBAS								70,00°C	
	MORAS	CONSIGNA CAUDAL	V. CTE/PID	CONSIGNA %	NIV. MIN.	AUT/SEMI	S. PARO/		
BC-01-A	1517	440M3/H	V. CTE	30,0%	1m	REMOVIO SEMI	S. PARO	S. MARCHA	
BC-01-B	1844	287M3/H	V. CTE	82,0%	1m	REMOVIO SEMI	S. PARO	S. MARCHA	
BC-01-C	1726	160M3/H	V. CTE	68,0%	1m	REMOVIO SEMI	S. PARO	S. MARCHA	
BC-01-D	1726	169M3/H	V. CTE	72,0%	1m	REMOVIO SEMI	S. PARO	S. MARCHA	
BC-01-E	1707	0M3/H	V. CTE	30,0%	1m	REMOVIO SEMI	S. PARO	S. MARCHA	
BC-01-F	1313	187M3/H	V. CTE	64,0%	1m	REMOVIO SEMI	S. PARO	S. MARCHA	
BC-01-G	1844	220M3/H	V. CTE	62,0%	1m	REMOVIO SEMI	S. PARO	S. MARCHA	
BC-01-H	1056	0M3/H	V. CTE	30,0%	1m	REMOVIO SEMI	S. PARO	S. MARCHA	
BC-01-I	1772	0M3/H	V. CTE	87,0%	1m	REMOVIO SEMI	S. PARO	S. MARCHA	
TOTAL CONSIGNAS		1463M3/H							
TOTAL CAUDAL IMETROS		1461M3/H							

Fuente: Elaboración propia

Una vez que va disminuyendo el caudal de entrada en el bastidor se procede a parar el bastidor, en la ilustración 30 se puede observar que está marcada la etiqueta de PARADA en la pantalla del bastidor del programa informático, haciendo un simple clic automáticamente se para la Turbobomba y también el bastidor. Hay una serie de válvulas automáticas que son las de entrada a la Turbobomba VA-04, la de entrada al bastidor VC-03 y la de salida de la salmuera y entrada a la turbina VC-04, se cerraran gracias a su sistema de monitorización.

Ilustración 30. Pantalla de parada de bastidor



Fuente: Elaboración propia

Aunque es de vital importancia, en la ilustración 31 se muestra la válvula VC-01 con su actuador neumático que trabaja en PID en lazo abierto, esta válvula esta normalmente cerrada a un 7% cuando los bastidores trabajan normalmente a pleno rendimiento, pero cuando hay una parada de bastidor, y para evacuar el agua que sale del bastidor, la válvula VC-01 abre cuando le llega más agua de lo habitual, es decir regula la entrada o salida de agua del colector a cada bastidor, en este caso como estamos quitando agua, dicha agua retrocede y hace abrir la válvula hasta un porcentaje concreto y luego vuelve a cerrar de nuevo hasta un 7%.

**Ilustración 31. Válvula VC-01 con su actuador neumático**



Fuente: Elaboración propia

#### **5.1.1.1.1 ARRANQUE DE UN BASTIDOR**

Anteriormente se ha explicado la parada de un bastidor, en este caso se procede a explicar el arranque de un bastidor. Como dije se basa en el mismo concepto pero a la inversa, se usan algunas de las ilustraciones ya mostradas.

En la Planta Desaladora se está produciendo con dos bastidores arrancados, pero se ha ordenado producir más demanda, por lo que hay que arrancar el tercer bastidor.

Para comenzar con el proceso, primeramente hay que aumentar el caudal de las bombas sumergibles debido a que necesitamos más agua. También se debe tener en cuenta el oleaje de las mareas y la presión del colector. No obstante a las bombas sumergibles se le va subiendo poco a poco las consignas para subir de caudal y tener agua suficiente para arrancar un tercer bastidor.

Para que un bastidor trabaje a pleno rendimiento se necesitara como unos 750 m<sup>3</sup> de agua y para ello la válvula VC-01 tiene que abrir más de un 7%. Una vez que ya tengamos las bombas de sumergibles impulsando la suficiente agua para poner en marcha el bastidor, se tiene que preparar el bastidor para hacerle un venteo.

El venteo consiste en introducir agua en el bastidor mediante la Turbobomba para quitar el aire que tiene dentro de las membranas debido a que ha estado un tiempo parado. El agua proveniente del colector principal entra en la bomba de alta presión con el motor parado a 2,5 bares aproximadamente, y sale de la bomba de alta presión a unos 6 bares de presión que es lo suficiente para quitarle el aire a todo el bastidor.

Para proceder hacer el venteo primeramente tenemos que tener una apertura de un 30%

en la válvula VC-01.

Una vez que la válvula VC-01 llega a ese porcentaje, en la ilustración 32 se muestra el cuadro de electroválvulas de la Turbobomba correspondiente y en la botonera se debe de colocar en local y luego en la ilustración 33 se observa que hay que abrir manualmente una pequeña válvula que está situada en la parte alta de la bomba de alta presión.

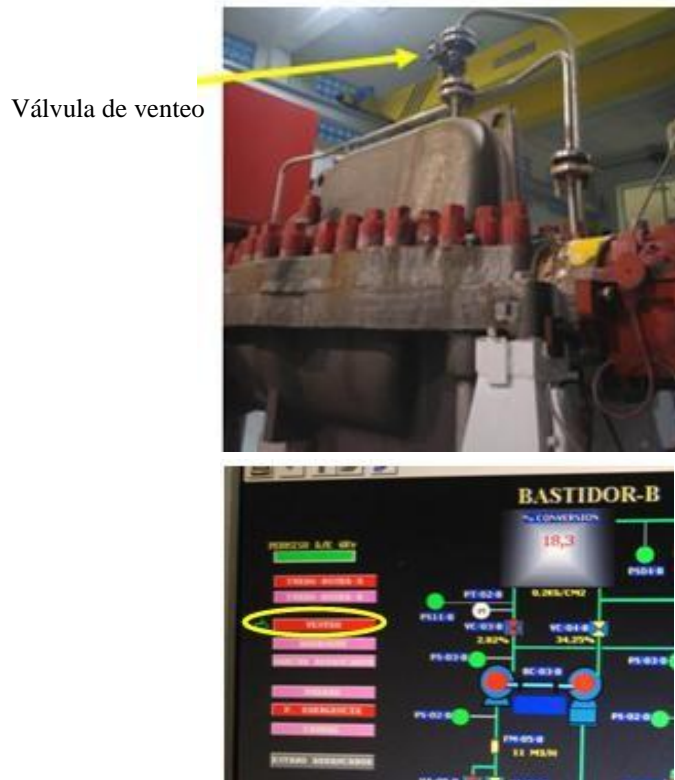
En la ilustración 34 se observa con un marca que se debe de hacer clic en VENTEO y se esperan unos 10 minutos, se cierra la válvula y la botonera se pone en remoto. Una vez hecho se procede arrancar la Turbobomba.

**Ilustración 32. Cuadro de electroválvulas para el venteo**



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 33. Válvula de venteo y pantalla para el venteo



Fuente: Elaboración propia

Para realizar el arranque de la Turbobomba en la ilustración 34 se observa que procede en la misma pantalla del venteo, haciendo clic primero en ARRANQUE y seguidamente en MARCHA ARRANCADOR. Y ya estaría arrancada la Turbobomba, se procede de esta forma porque tiene un variador estático.

**Ilustración 34. Pantalla para proceso de arranque**



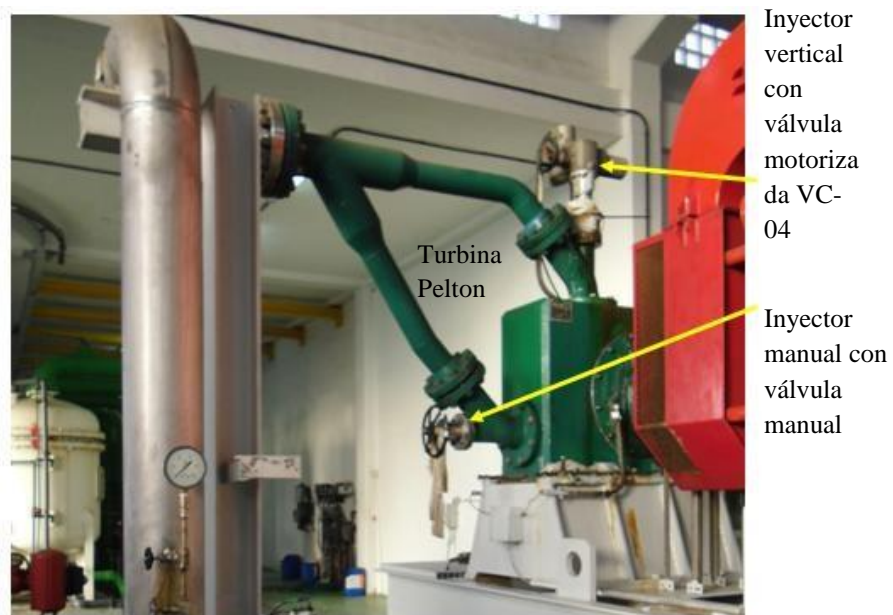
Fuente: Elaboración propia

Ahora empezaría a entrar agua en el bastidor hasta llegar a sus 750 m<sup>3</sup> aproximadamente de capacidad. La válvula VC-01 abre mucho más para que entre más agua, y poco a poco se va a ir estabilizando tanto el caudal como la regulación de las válvulas.

Pasado unos minutos y viendo que el bastidor esta ya casi a su máxima capacidad y produciendo, hay que regular la válvula VC-04, ya que esta válvula es muy importante debido a que es por donde viene la salmuera procedente de los bastidores y entra en la turbina de la Turbobomba, son turbinas Pelton preparadas para recuperación de energía. Para su óptimo funcionamiento, el caudal que entra a la turbina no puede ser mayor de 410 m<sup>3</sup>/h o muy inferior, debido a que no se estaría generando ese aprovechamiento de la energía. Por ello la salmuera proveniente del bastidor entra a la turbina mediante dos inyectores, un inyector vertical y otro horizontal. El inyector vertical está controlado por esa válvula VC-04 que esta motorizada y el inyector horizontal son controlados por una válvula manual.

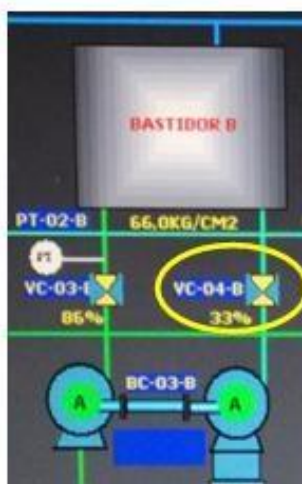
Dicho pues, esa válvula VC-04 tiene que estar entre 35-40% de apertura y trabaja conjuntamente con la manual de forma inversa, es decir si la apertura está a 70% se abre un cuarto de vuelta la manual para que la VC-04 cierre hasta llegar a 35-40%. En la ilustración 35 y 36 se pueden observar la turbina Pelton con sus inyectores y en la otra el porcentaje de la válvula en la pantalla del programa informático respectivamente.

Ilustración 35. Turbina Pelton, válvulas e inyectores



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 36. Porcentaje de válvula VC-04



Fuente: Elaboración propia

Una vez que ya se regule al porcentaje adecuado, hay que mirar también que el pH y la conductividad sea la correcta. Si hay variaciones con el pH hay que regularlo con la cal y el CO<sub>2</sub>.

### 5.2.1.2 PROCESO DE DESPLAZAMIENTO DE UN BASTIDOR

El desplazamiento tiene como objetivo limpiar con agua dulce, los restos de salmuera que quedan en las membranas de los tubos de los bastidores. Esto se hace cada vez que se sale de rango un tubo y hay que repararlo o también cuando es una parada programada de bastidor aunque en este último caso lo que se hace es un venteo, es decir es un proceso más corto pero que tiene la misma función. En definitiva lo que se quiere conseguir es que los tubos tengan la menos cantidad de agua salada posible por si van a estar mucho tiempo parado.

La parte operativa de sala control, consiste en bajar caudales a las bombas de mar, ya que se ha tenido que parar un bastidor y necesitamos menos agua. También otras operaciones, como parar una bomba de ciudad, regular el pH, con la cal y el CO<sub>2</sub>.

Se procede a la operación de desplazamiento, teniendo en cuenta que la condición previa es que el batidor debe de estar parado.

1º En la ilustración 37 se observa una válvula manual, esta válvula es la de salmuera que está situada detrás y debajo del bastidor y se tiene que abrir para evacuar el agua que queda dentro del bastidor hacia el depósito de la salmuera. También en la ilustración 38 se observa otra válvula manual, es la válvula de permeado y está situada en la lira, en un lateral del batidor y se debe de cerrar para que no llegue agua de la limpieza que contiene sales al depósito de producto

**Ilustración 37. Válvula manual de la salmuera**



Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 38. Válvula manual de permeado**



Fuente: Elaboración propia

2° Se deben de cambiar de estado algunas válvulas motorizadas, por ello en la ilustración 39 se muestra dichas válvulas. La válvula VC-03 es la encargada de regular el paso de entrada de agua de la Turbobomba a los tubos del bastidor y la VC-04 es la válvula encargada de regular la entrada de la salmuera que sale del bastidor a la entrada de la turbina por el inyector vertical. Estas dos válvulas hay que ponerlas en local para que trabajen de forma manual.

**Ilustración 39. Válvula VC-03 (1), válvula VC-04 (2) y selector (3)**



Fuente: Elaboración propia

También la válvula de entrada de agua del colector a la Turbobomba situada detrás de la Turbobomba es denominada VA-05 y hay que ponerla en local, pero a diferencia de las otras dos válvulas hay que ir a un cuadro de electroválvulas y con un selector cambiar a local, para que trabaje en manual. En la ilustración 40 y 41 se muestra la válvula y el cuadro de electroválvulas respectivamente.

Ilustración 40. Válvula VA-05



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 41. Cuadro de electroválvulas



Fuente: Elaboración propia

3° En la ilustración 42 se muestra otra válvula que se debe de poner en manual y es la válvula de desplazamiento o aspiración situada al lado de las bombas de desplazamiento, en la ilustración 43 se observa el cuadro de electroválvulas correspondiente donde hay que cambiar el selector a local. La función que tiene es la circulación de agua de desplazamiento hacia el bastidor pasando por la Turbobomba, esta agua de desplazamiento viene de un depósito sin remineralizar situado en el depósito de producto destinado para este fin.

Ilustración 42. Válvula de desplazamiento o aspiración



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 43. Cuadro de electroválvulas



Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada esa operación, se procede a abrir manualmente un 15 % una válvula situada encima de la bomba de desplazamiento que se va a utilizar. Una vez hecho todos estos cambios en las válvulas se procede a arrancar la bomba en la botonera que esta junto a ella y asegurándonos que en el manómetro superior no sobrepase de los 6 bares. En la ilustración 44 se puede observar este último proceso.

Ilustración 44. Bombas de desplazamiento (1), manómetro (2) y válvula manual (3)



Fuente: Elaboración propia

4° En este momento está entrando agua al bastidor para su limpieza durante unos 5 minutos, cuando se acabe esos 5 minutos, se procede a cerrar la válvula manual de salmuera y se abre la válvula manual de permeado en la lira. En este momento en los tubos del bastidor hay agua dulce, cerrando la válvula de salmuera nos garantiza que no estamos tirando agua producto hacia el depósito de salmuera y abriendo la lira hacemos que al depósito de producto este llegando agua permeada.

5° Ahora realiza unas revisiones de conductividad para comprobar la sal que pueda haber dentro de los tubos del bastidor, en este caso al estar metiendo agua dulce, la conductividad bajara, por ello se espera unos minutos hasta que la conductividad baje y se estabilice, en el caso en que se pare el bastidor unos días se tiene que dejar con baja conductividad alrededor de  $50\mu\text{S}$ , pero si se quiere volver arrancar en ese momento se deja que llegue a unos  $200\mu\text{S}$ . En la ilustración 45 se puede observar el transmisor de conductividad que nos muestra la conductividad que hay en ese momento en todo el bastidor, se observa que está en  $243,5\mu\text{S}$ , por lo tanto como se va arrancar el bastidor se espera unos minutos más y ya estaría listo para arrancar.

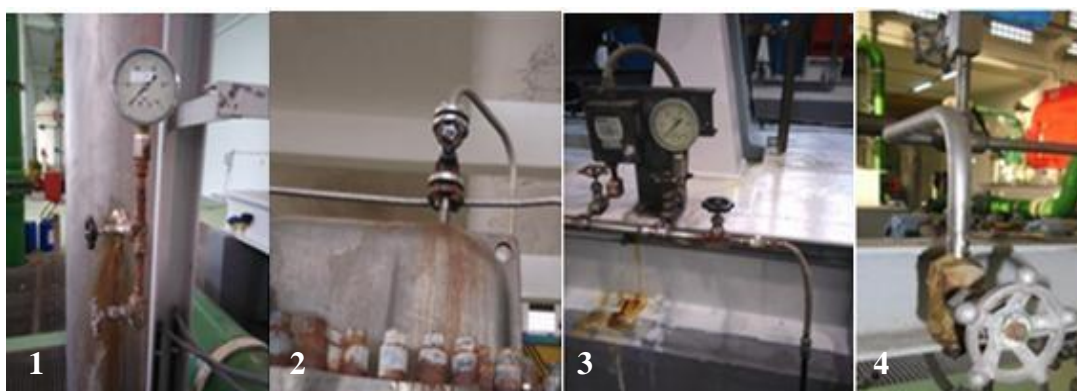
**Ilustración 45. Transmisor de conductividad**



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente en la ilustración 46 se muestra la localización de las purgas que se deben de hacer en la entrada de agua a la turbina, en la parte superior de la bomba y en un lateral, y al lado del bastidor, ya que quedan restos de sal y hay que eliminarlas haciendo estas purgas.

**Ilustración 46. Purga turbina (1), zona alta de bomba (2), zona lateral de bomba (3) y bastidor (4)**



Fuente: Elaboración propia

6° Una vez realizada las purgas y la conductividad este estabilizada dónde la queremos tener, se vuelven a poner las válvulas VC-03, VC-04, VA-05 y la válvula de desplazamiento en remoto, en sus respectivos controles automáticos y en los cuadros de electroválvulas correspondientes. También a la válvula manual se le quitan los 15%. Y se procede a la parada de la bomba de desplazamiento.

Si vemos que aún hay conductividad en el transmisor de conductividad, se le hace un venteo abriendo una pequeña válvula, situada detrás de la lira de permeado para que

salga el aire y así bajara aún más la conductividad que queda entre los tubos del bastidor. En la ilustración 47 se muestra esa pequeña válvula manual de venteo.

**Ilustración 47. Válvula de venteo**

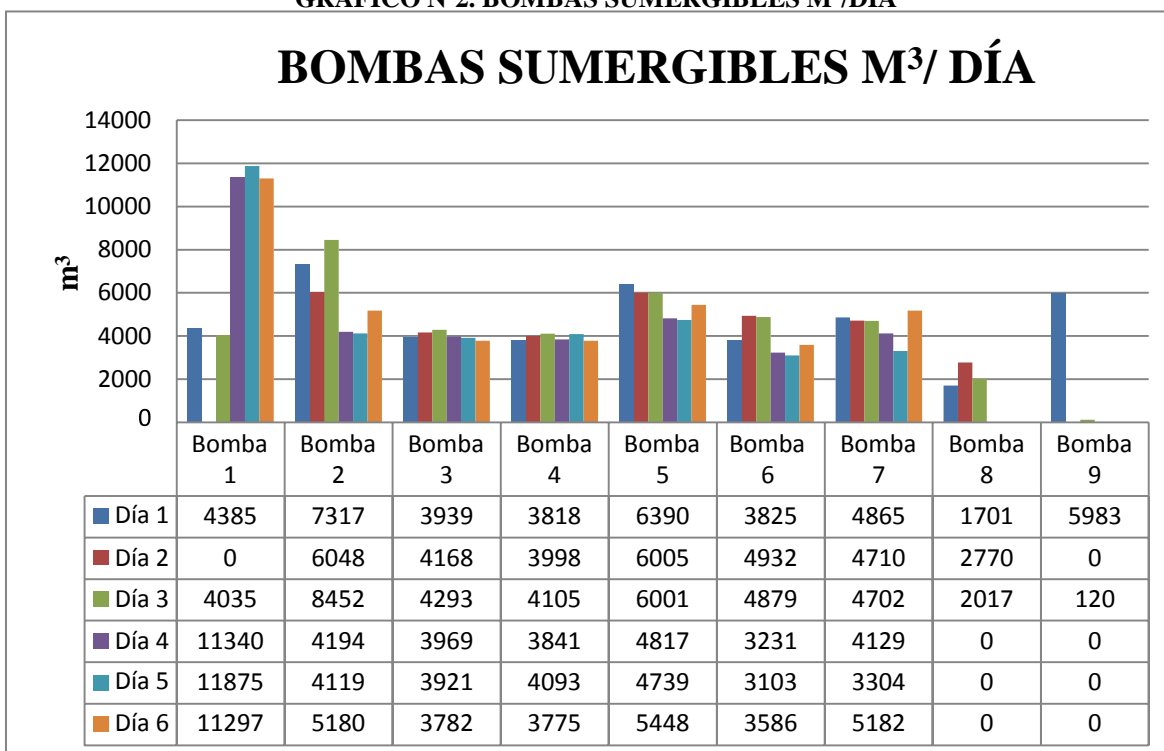


Fuente: Elaboración propia

Finalmente ya estaría el bastidor limpio para proceder a cambiar las membranas de los tubos, para su arranque o para dejarlo parado hasta nueva orden de arranque.

En el gráfico 2 se muestra una gráfica de barras en la cual representa los m<sup>3</sup>/día de cada bomba de los grupos sumergibles durante 6 días. Como se puede observar la bomba N°1 es la que más m<sup>3</sup>/día impulsa hacia el colector principal, siendo el día 5 el día que más m<sup>3</sup> impulsó. Esto es debido a que dicha bomba tiene la capacidad de impulsar unos 500 m<sup>3</sup> y por ello es la bomba más importante de todas. El resto de bombas pueden llegar a impulsar unos 300 m<sup>3</sup>. En cambio la bomba N°8 y N°9 son las que menos usan y por ello en el gráfico se muestra que prácticamente han impulsado poco m<sup>3</sup>.

GRÁFICO N°2. BOMBAS SUMERGIBLES M<sup>3</sup>/DÍA



Elaboración propia. Fuente consultada: Planta desaladora de Santa Cruz de Tenerife

### 5.2.1.3 PROCEDIMIENTO DE LA LIMPIEZA DE FILTROS DE ARENA.

La limpieza de los filtros de arena es de vital importancia debido a que en ellos se hace el primer proceso de filtración donde se eliminan organismos no deseados en el agua salada. Por ello la limpieza mediante el proceso que se explica a continuación, nos ayuda a mantener los filtros en óptimas condiciones de trabajo.

#### 5.2.1.3.1 CONDICIONES DE EJECUCIÓN

##### 5.2.1.3.1.1 GENERALIDADES

Los operarios de control verifican diariamente la pérdida de carga de la primera y segunda etapa de filtración para estimar la necesidad de limpieza de los filtros. En caso de superación de valor máximo indicado.

Dicho valor es el resultado de la variación de presión entre un punto superior e inferior en el filtro de arena y que dicho valor no puede sobrepasar los 0,8 kg/cm<sup>2</sup>, o ante los LAS

resultados de control SDI. El Jefe de Planta y el Responsable de Laboratorio, tomarán una decisión para el proceso de dicho lavado. En cambio, si al cabo de 2 o 3 meses no ocurre ninguno de estos casos, se procederá al lavado de filtros.

**Ilustración 48 Filtro de arena de 1º y 2º etapa**



Fuente: Elaboración propia

#### **5.2.1.3.1.2 CONDICIONES PREVIAS**

Antes de comenzar a lavar los filtros los operarios de control han de realizar una serie de operaciones, para poder comenzar con el proceso de lavado de los filtros en automático.

1.- Hacer vacío en la aspiración de las bombas de lavado con salmuera, con las bombas de vacío; para ello se arrancan las dos bombas y se abre la válvula de comunicación del tanque de vacío, con el circuito de aspiración. Se abre un poco la válvula de agua de refrigeración para asegurar la presencia de agua en la cámara utilizada para el cierre y refrigeración de los cierres de las bombas de vacío.

Cuando se comprueba que el nivel de salmuera aparece en el visor, se asegura que las bombas de lavado con salmuera están cebadas y se puede arrancar. A continuación se



cierra la válvula del depósito de vacío.

2.- Subir el caudal de las bombas sumergibles en unos  $150 \text{ m}^3$ , lo cual permita tener caudal suficiente para el enjuague, sin que por ello disminuya el caudal y la presión de entrada a filtros, y por tanto la de aspiración a Turbobombas.

3.- Tener seleccionadas dos bombas de lavado con salmuera y una soplante en la pantalla de lavado. Verificar que están disponibles eléctrica y mecánicamente.

A continuación se reflejará lo expresado anteriormente en imágenes.

**Ilustración 49: Visor (1), bombas de vacío (2) y tanque de vacío (3)**



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 50: Bombas de limpieza con salmuera**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 51: Soplantes**



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 52: Pantalla de lavado de filtro



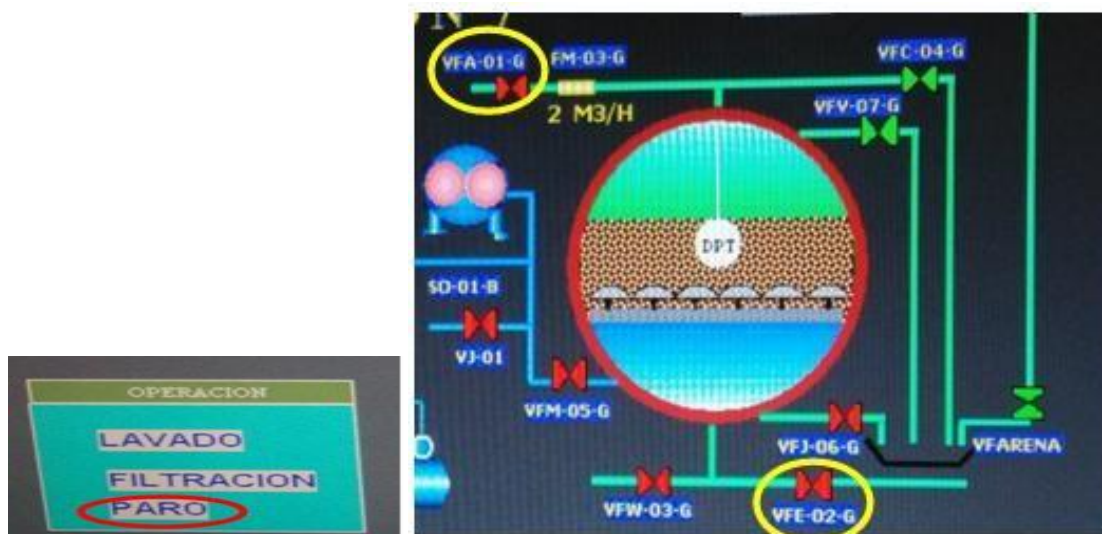
Fuente: Elaboración propia

4.- En esta misma pantalla, se para el filtro que se va a lavar, confirmando el 1 en la opción de PARO. Con esto el filtro cerrara las dos válvulas que tenía abiertas (VFA y VFE), quedándose en reposo o estado seguro (siempre que estén con el aire conectado y los embragues en automático).

5.- Poner la consigna de Enjuague Válvula de Entrada en 12% para garantizar que en el momento de iniciarse la fase de enjuague no haya una caída de presión importante en la línea, que nos pueda disparar la Planta por baja presión en la Aspiración de las Turbobomas.

A partir de este momento comienza la secuencia de Lavado, para ello vamos a definir una lista de cada una de las Válvulas que intervienen en el proceso y un esquema del Filtro.

Ilustración 53: Pantalla de lavado de filtro



Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1.3.1.3 PROCESO DE LAVADO

El proceso de Lavado de Filtros es igual para los de 1ª Etapa que para los de la 2ª Etapa, la única diferencia es que mientras se lavan los filtros de primera etapa, se tiene un caudalímetro en cada filtro, por lo tanto se conoce el caudal que está pasando por cada uno de los filtros; en cambio en la 2ª Etapa hay rotámetros que deber ser vigilados por los operarios.

#### PASO 1º- VACIADO PARCIAL

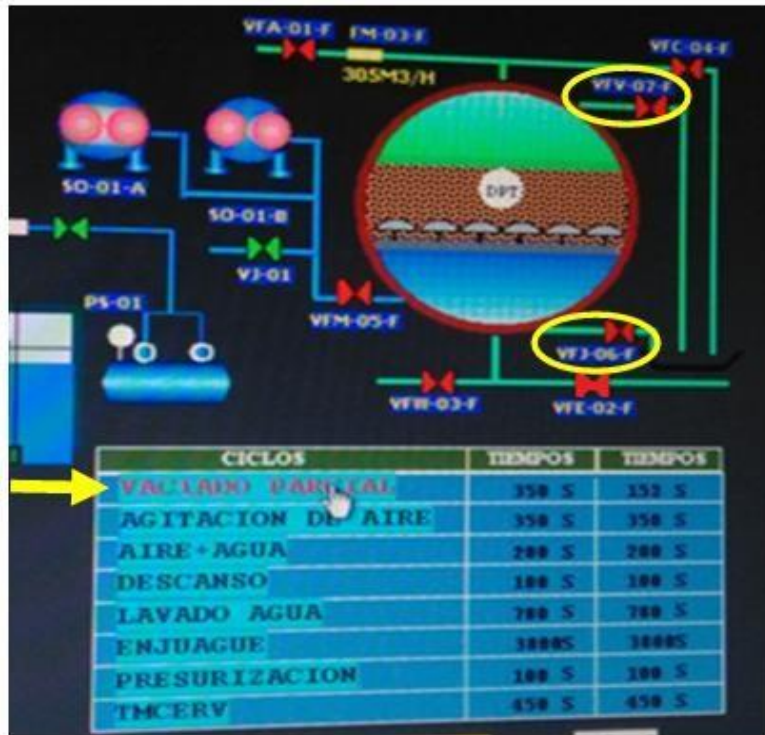
**Objetivo:** Este vaciado parcial se hace para despresurizar el filtro.

**Operación:** El estado previo de filtro será con todas sus válvulas cerradas. Se comenzará abriendo la válvula VFJ y cuando esté toda abierta abrirá la válvula de venteo, la VFV.

**Tiempo de ejecución:** Este paso de Vaciado parcial durará aproximadamente unos 350 segundos (unos 6 minutos)

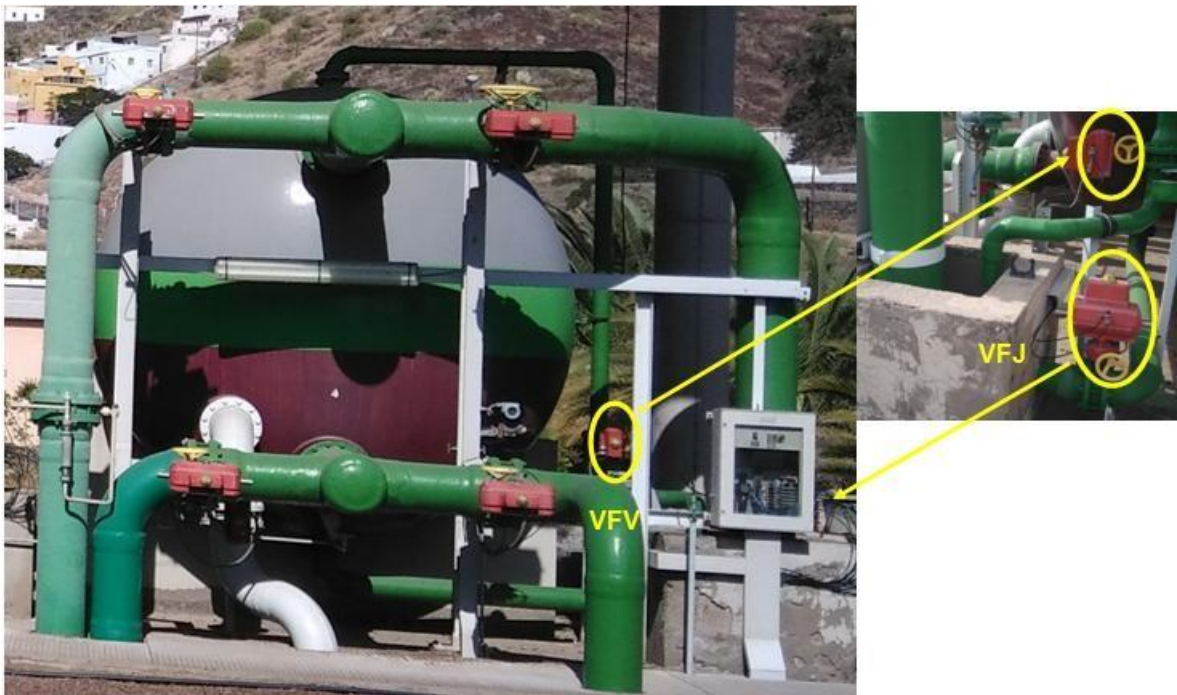
RESULTADOS

Ilustración 54: Pantalla de lavado de filtro. Paso 1



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 55: Vista frontal y válvulas que actúan en un filtro de arena de 2º etapa



Fuente: Elaboración propia

**PASO 2º- AGITACIÓN POR AIRE**

**Objetivo:** Esta etapa de agitación por aire se realiza para eliminar el apelmazamiento de la Arena, con objeto de soltarla y cuando se vaya a lavar, garantizar que el agua de lavado circule a través de todas las Zonas de Arena y/o Antracita.

**Operación:** La Válvula VFV permanecerá Abierta. Se cierra la Válvula VFJ y abren las Válvulas VFC (previo arranque de la soplante) y VFM, cerrando la VJ-01 cuando la VFM haya abierto del todo. La soplante habrá arrancado cuando la VFM comienza abrir.

**Tiempo de ejecución:** Este paso del proceso durara unos 300 segundos (5 minutos)

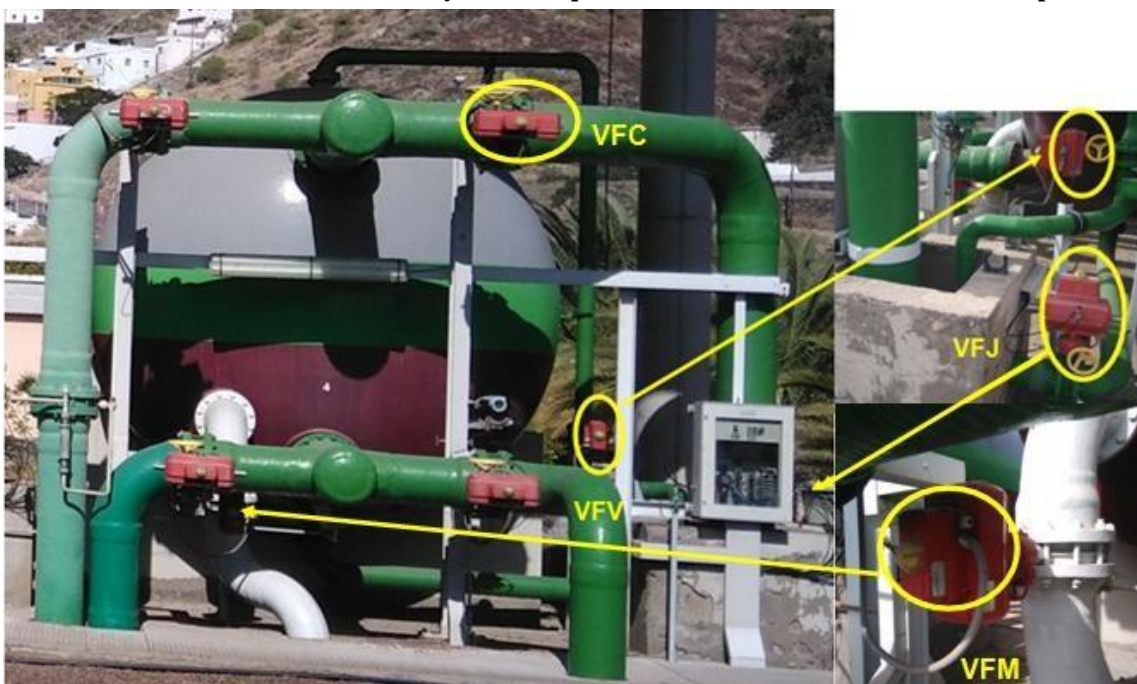
La válvula VJ-01 se encuentra debajo del tramer al comienzo de los filtros de 2º etapa.

**Ilustración 56: Pantalla de lavado de filtro. Paso 2**



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 57: Vista frontal y válvulas que actúan en un filtro de arena de 2º etapa



Fuente: Elaboración propia

### PASO 3º- AIRE + AGUA

**Objetivo:** Este paso tiene la misma función que el 2º, es decir, seguir removiendo y aireando la arena mediante la mezcla aire-agua para soltarla del todo dejarla dispuesta para el lavado con agua.

**Operación:** Por tanto, durante el tercer paso continúa entrando aire junto con el agua. Permanecen abiertas las Válvulas VFC, VFV, VFM, y la soplante sigue en marcha. Asimismo, arranca la Bomba de Agua de Lavado, momento tras el cual abre la Válvula VFW.

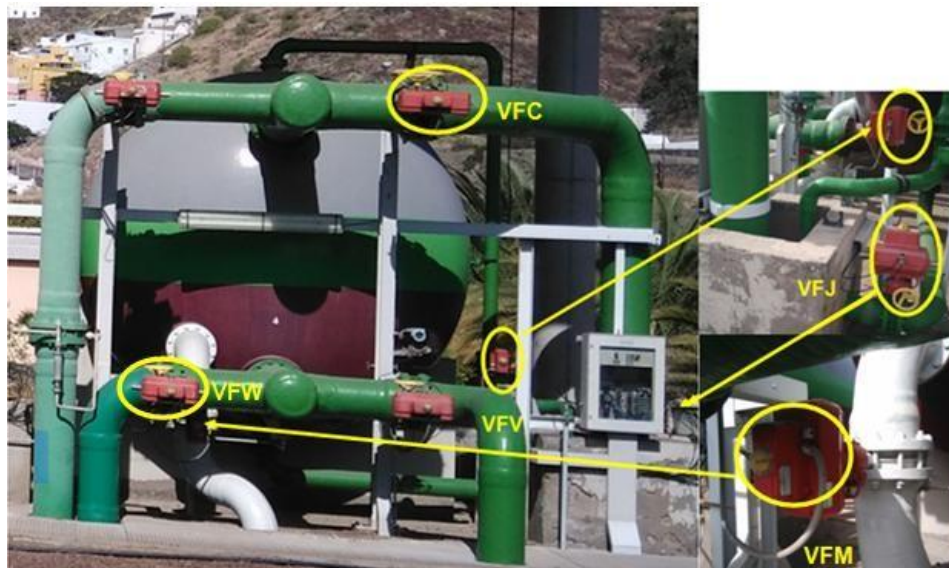
**Tiempo de ejecución:** La duración de este paso será de 200 segundos (unos 3 minutos y 20 segundos)

Ilustración 58: Pantalla de lavado de filtro. Paso 3



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 59: Vista frontal y válvulas que actúan en un filtro de arena de 2º etapa



Fuente: Elaboración propia

**PASO 4º- DESCANSO**

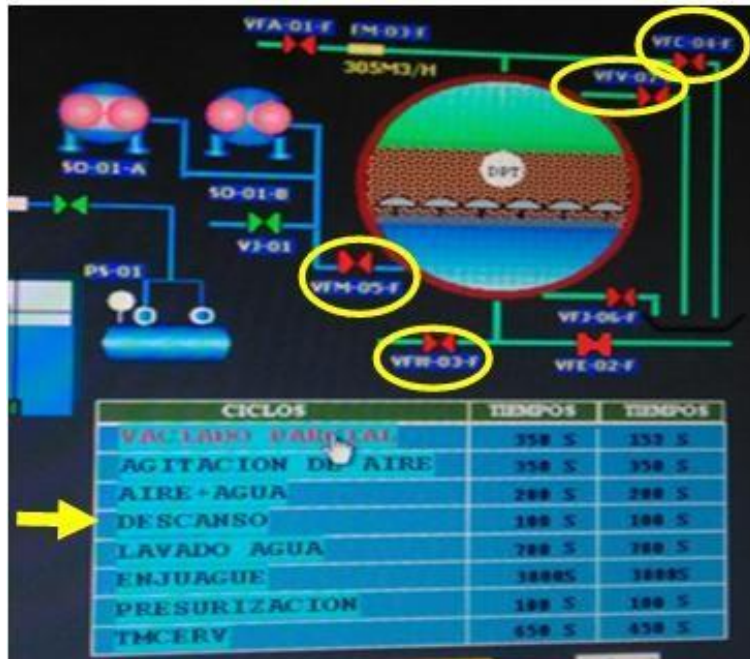
**Objetivo:** El objeto de este paso es que la arena repose y se decanten todas las partículas que queden en suspensión.



**Operación:** Se cerrará la válvula VFM, quedarán abiertas las Válvulas VFC y VFV, se cerrarán la VFM (parando la soplante) y la VFW, que detiene la Bomba de Lavado.

**Tiempo de ejecución:** Este paso tiene una duración de unos 180 segundos (3 minutos).

Ilustración 60: Pantalla de lavado de filtro. Paso 4



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 61: Vista frontal y válvulas que actúan en un filtro de arena de 2º etapa



Fuente: Elaboración propia

PASO 5º- LAVADO CON AGUA

**Objetivo:** En este paso se realiza el lavado del Filtro propiamente dicho, mediante las dos Bombas de Lavado con Salmuera.

**Operación:** En el transcurso de esta etapa, sigue abiertas las válvulas VFC y VFV. Se arranca una de las Bombas y con la señal de arranque de la Bomba confirmada se abre la Válvula VFW, tras lo cual se produce el arranque de la Segunda Bomba de Lavado.

**Tiempo de ejecución:** Este paso durará unos 600 segundos, que son aproximadamente 10 minutos.

Ilustración 62: Pantalla de lavado de filtro. Paso 5



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 63: Vista frontal y válvulas que actúan en un filtro de arena de 2º etapa



Fuente: Elaboración propia

#### PASO 6º- ENJUAGUE

**Objetivo:** Este paso, el más largo del proceso, se realiza para eliminar toda la salmuera de la arena del Filtro y se realiza con Agua de mar del colector común de descarga de los pazos. Por esta razón, hay que tener cuidado con la presión pues se puede producir un disparo de la Planta por Baja Presión de Aspiración en las Turbobombas.

Para ello se comprueba que la consigna de Apertura de la Válvula de Entrada de Agua al Filtro esté en el 12% (véase etapa número 5 de las condiciones previas).

**Operación y Tiempo de ejecución:** Se parará la Bomba de Lavado y se cierran las Válvulas VFC y VFW. Cuando se confirma el cierre de la VFW se parará la otra Bomba de Lavado, simultáneamente comienza la apertura de la VFA (Válvula de Agua al Filtro).

Este es el momento crítico en que se puede producir una caída de presión en el colector de Aspiración de las Turbobombas; en caso de que la presión disminuyera y llegara a  $1,7\text{kg/cm}^2$  se debería parar la Secuencia de Lavado, o bajar la consigna de la Válvula rápidamente, en función de la velocidad con que esté disminuyendo la presión.

A continuación se activará la **TMCERV**; durante 450 segundos (unos 7 minutos y medio) el agua de Enjuague estará saliendo por la parte alta del Filtro por la Válvula VFV. Transcurrido este tiempo se cerrará la válvula VFV y al cerrar ésta del todo abrirá la VFJ.

A partir de aquí comienza el enjuague, que durará unos 35 minutos.

Lentamente se irá aumentando el valor de la consigna de apertura de la Válvula de Entrada VFA según la presión en el colector de Aspiración de las Turbobombas y la apertura de la Válvula de Recirculación que está en la Lira (VC01)

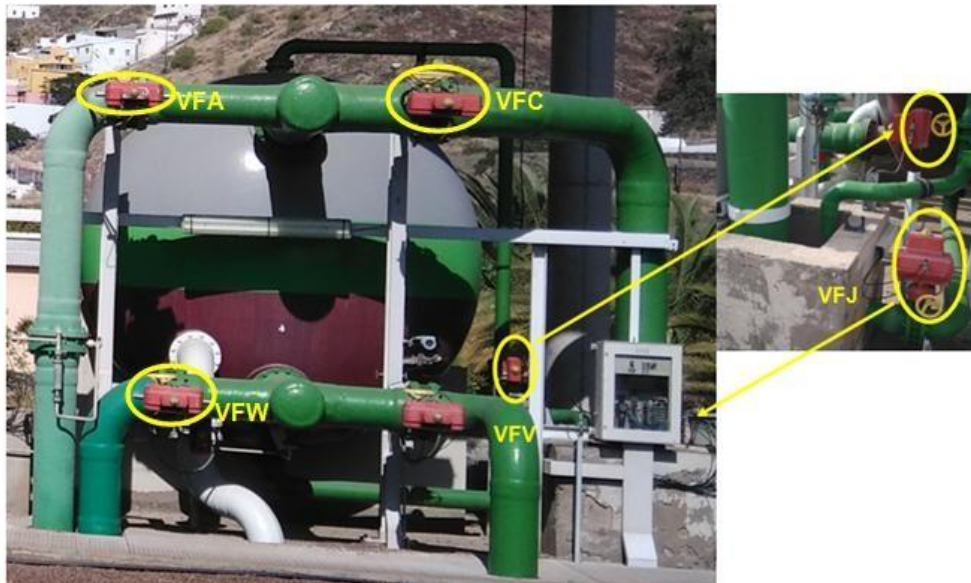
Este deseable conseguir llegar al máximo valor de la consigna de apertura que permita tener la VC01 lo más cerrada posible, sin que caiga la presión en el colector por debajo de la consigna de presión establecida por el operador.

Ilustración 64: Pantalla de lavado de filtro. Paso 6



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 65: Vista frontal y válvulas que actúan en un filtro de arena de 2ª etapa



Fuente: Elaboración propia

### PASO 7º- PRESURIZACIÓN

**Objetivo:** La presurización del filtro, que es la última etapa del proceso

de Lavado, representa un paso importante, debido a que si al poner el filtro en servicio éste no estuviera lleno y presurizado, la presión del colector de Aspiración de las Turbobombas podría caer por debajo de  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  y provocar así la Parada de la Plant

**Operación y Tiempo de ejecución:** Se cerrará la Válvula VFJ y continuará abierta la VFA; el Operario de Control podrá observar cómo gradualmente disminuye el caudal de entrada al filtro, y transcurridos unos 450 segundos se cerrará quedando el Filtro en posición segura con todas sus válvulas cerradas.

Para volver a poner el Filtro en Servicio desactivaremos la Orden de Paro y le daremos la opción de Filtración.

**Ilustración 66: Pantalla de lavado de filtro. Paso 7**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 67: Vista frontal y válvulas que actúan en un filtro de arena de 2ª etapa**



Fuente: Elaboración propia

#### **5.2.1.3.1.4 REGISTRO**

Al finalizar el proceso de lavado y comprobar que el funcionamiento de los filtros es el correcto se registran las actividades realizadas así como las observaciones necesarias.

## 5.2.2 MANTENIMIENTO MÉCANICO

Los procesos mecánicos, son básicamente mantenimientos de la parte mecánica de la planta, en ellos con la ayuda de un programa informático cada día salen mantenimientos preventivos como pueden ser engrases de motores eléctricos, turbinas, revisión de grupos sumergibles, limpieza de rotámetros, etc. También se producen mantenimientos correctivos, pero no avisan debido a que son producidos por alguna avería, en la cual se llevan al taller para su reparación. El mantenimiento mecánico también trabaja continuamente con los de operaciones en cambios de membranas de tubos de los bastidores, parada o arranque de bastidores y en otros trabajos donde se requiera ayuda conjunta.

Los mantenimientos que se hicieron con mantenimiento mecánico fueron el cambio de membrana de los tubos de un bastidor, avería de un motor eléctrico de un grupo sumergible, engrase de motores eléctrico y turbinas, avería de un actuador neumático y finalmente el desmontaje y montaje de una válvula de retención.

### 5.2.2.1 PROCESO DE CAMBIO DE MEMBRANA DE LOS TUBOS DE UN BASTIDOR

Este proceso de cambios de membranas en los tubos de un bastidor, puede ser porque por la zona de baja presión haya alguna fuga de agua, se halla roto una tapa, un codo, la válvula de tres vías o también que es el caso más usual es que el tubo se haya salido de rango.

**Ilustración 68: Vista frontal de un bastidor, zona de alta presión**



Fuente: Elaboración propia

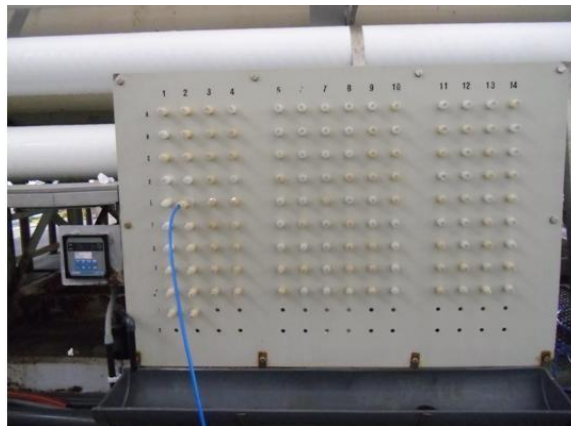
**Ilustración 69: Vista trasera de un bastidor, zona de baja presión**



Fuente: Elaboración propia

Salirse de rango quiere decir que la conductividad en ese tubo es demasiado alta, esto sucede porque el agua de salmuera que entra por la membrana desde la zona de alta presión se ha pasado a la parte de permeado que es el tubo central de la membrana. Con lo cual perjudica a la conductividad del bastidor entero, por ello no es aconsejable que la conductividad sea alta. Se puede mantener un bastidor con un tubo fuera de rango, pero con más de seis fuera de rango no es aconsejable, para ello hay que para el bastidor y sacar las membranas de los tubos. Pero primero hay que identificar que tubo se ha salido de rango y para ello se hace un perfil.

**Ilustración 70: Panel para comprobar la conductividad de los tubos (perfil)**

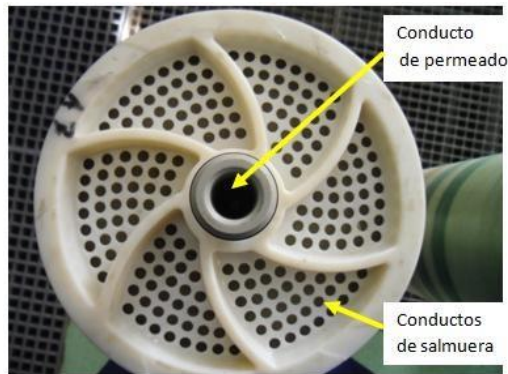


Fuente: Elaboración propia



El perfil es la acción que se hace en un panel donde están conectados todos los tubos por un manguito desde la parte de permeado. Con otro manguito conectado a un transmisor de conductividad, se van pinchando en cada tubo y nos muestra la conductividad de cada tubo y así poder saber que tubo esta fuera de rango.

**Ilustración 71: Vista frontal de una membrana**



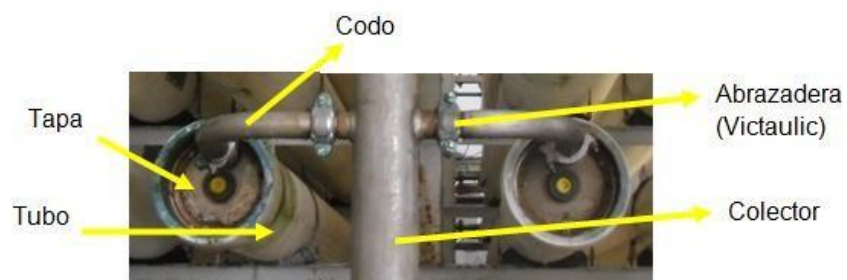
Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 72: Parte de baja presión del bastidor**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 73: Parte de alta del bastidor**



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se halla identificado el tubo que esta fuera de rango, se para el bastidor y se procede a quitar las protecciones de la parte de alta presión del bastidor. Ahora se procede al desmonte de las tapas de baja y alta presión.

Primero se retira la tapa de baja presión, para ello primeramente se cambia la válvula de tres vías hacia el tubo que conecta la parte del manguito de la conductividad, ya que el agua dentro de las membranas tienen una cierta presión y con esto hace que salga toda el agua que está dentro de ella y así no habría ningún peligro. Luego se aflojan los tornillos de una la junta entre la tapa y el tubo y se retiran unas cuñas de metal que su función es dar estanqueidad.

**Ilustración 74: Desmontaje de diferentes piezas**



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se aflojan los tornillos de la abrazadera (victauluc) que conecta el codo de la salmuera con su colector. Posteriormente se desenrosca la válvula de tres vías y los dos tubos de permeado, el que va al colector y el que va a la tapa. Una vez retirado todo, ya solo queda tirar del codo que está conectado a la tapa, para sacarlo del tubo.

Una vez sacado, ya se pueden sacar las membranas. Pero para ello es más cómodo, quitar la tapa de alta presión, para poder empujar las membranas ya que salen con más facilidad.

La tapa de la parte de alta presión es más sencilla de retirar ya que no tiene el tubo de permeado pero igualmente se procede igual que la de baja presión. Una vez retirada la tapa de alta presión, se retiran las seis membranas que hay en el interior del tubo, pero hay que tener en cuenta en el orden con que se sacan, ya que tienen que ser en el mismo orden donde luego se tienen que introducir. Por ello las membranas están enumeradas desde el 1 en la tapa de alta presión hasta el 6 de la baja presión. Se retiran tres membranas de la parte de baja presión que sería la 6,5 y 4 y luego de la parte de alta presión, se retira la 1,2 Y 3.

**Ilustración 75: Retirada de la tapa de alta presión**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 76: Retirada de membranas de la parte de baja presión**



Fuente: Elaboración propia

A las membranas se les cambia el conector entre membranas y se les pone uno nuevo al igual que en la tapa. También se les aplica una silicona en espray.

**Ilustración 77: Conectores viejos (1) y conectores nuevos (2)**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 78: Membranas listas para ser introducidas en el tubo**



Fuente: Elaboración propia

Se vuelve a montar la tapa de baja presión del mismo modo que se desmontó, teniendo en cuenta que la válvula de tres vías hay que cambiarla de sentido y se introducen una a una las membranas desde la parte de alta presión, de forma que la membrana 6 es la primera que entra y así correlativamente hasta llegar a la membrana 1. Estando todas las membranas bien colocadas dentro del tubo se cierra con la tapa de alta presión y finalmente ya estaría el tubo para ponerlo en servicio.

**Ilustración 79: Empujando membranas y montando tapa de alta presión**



Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2.2 AVERÍA DE UN MOTOR ELECTRICO DE UN GRUPO SUMERGIBLE

Se ha llevado a cabo un mantenimiento correctivo del motor eléctrico de un grupo sumergible, debido a que en la operación de colocación de la bomba en el pozo para la captación de agua mar, en circunstancia que aún se desconocen el gancho de la grúa que la sujetaba para dicha colocación cedió y cayó el motor con la bomba acoplada, el motor cayó de forma inclinada a un metro de altura. Se decidió introducirla en el pozo, ya que no había un grupo sumergible de repuesto. Empezó funcionando bien, pero al cabo de dos meses empezó a dar problemas de vibraciones y se decidió retirarla para averiguar que estaba fallando.

**Ilustración 80: Grupo sumergible, compuesto por motor eléctrico (1) y bomba (2)**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 81: Motor eléctrico**



Fuente: Elaboración propia

No obstante se empieza con el desmontaje del motor ya que fue el primero en impactar contra el suelo.

**Ilustración 82: Vista lateral (1), frontal (2) y trasera (3) del motor eléctrico**



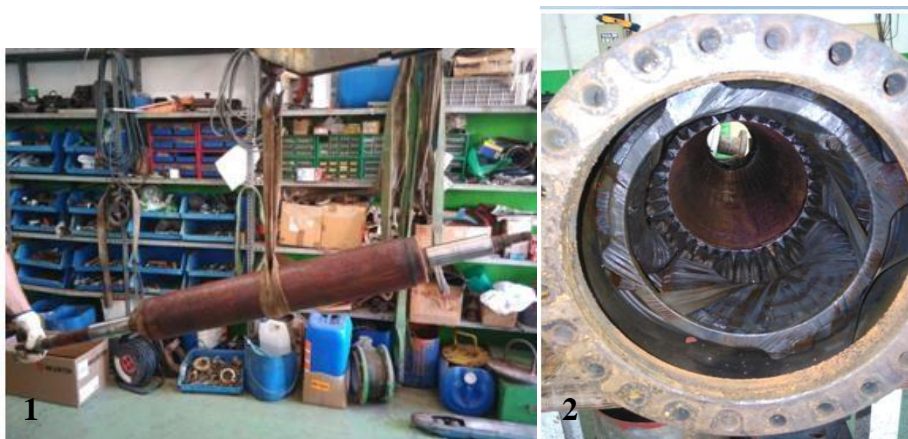
Fuente: Elaboración propia

En la parte frontal del motor en eléctrico va instalada la cabeza del motor y a su vez las conexiones eléctricas y su sonda PT100 que van conectados a un variador de frecuencia, también por este extremo va acoplada la bomba. En la parte trasera del motor van las piezas de regulación y la tapa de estanqueidad.

Una vez llevado el motor al taller, se desacopla el rotor del estator.

El bobinado del interior del estator, es un bobinado especial para agua, ya que el motor va refrigerado con agua refrigerante.

**Ilustración 83: Rotor (1) y estator (2) del motor eléctrico**



Fuente: Elaboración propia

Se procede a lijar una rosca exterior situada en el extremo para su colocación en el torno, ya que se quiere comprobar el alineamiento del eje.

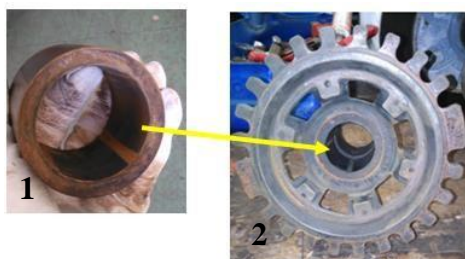
**Ilustración 84: Lijando de la rosca exterior**



Fuente: Elaboración propia

Esta pieza es un cojinete de grafito y va colocada en el porta-cojinete trasero del motor y es donde van fijadas las piezas de regulación. El agua tiene una alta resistencia y sirve de antifricción con el eje.

**Ilustración 85: Cojinete de grafito (1) y porta-cojinete (2)**



Fuente: Elaboración propia

Se coloca el rotor en el torno para comprobar su alineado. Para ello se presenta y se fija por un extremo con las mordazas del torno y en el otro con el punto móvil o punto de centrado.

**Ilustración 86: Rotor presentado en el torno**



Fuente: Elaboración propia

Una vez presentado el rotor se procede a las mediciones con el comparador. Primeramente se mide el alineamiento en ambos extremos y en las muñequillas y posteriormente a la parte central del rotor.

**Ilustración 87: Medición con el comparador**



Fuente: Elaboración propia

El proceso es el siguiente, se coloca el comparador, con la aguja rozando el eje y se marca un número fijo en el comparador, se hace girar el eje y si oscila mucho la aguja quiere decir que esta desalineado. En cambio si no fluctúa mucho es que está alineado. Si no está bien alineado, con una llave Allen se va apretando las mordazas para sujetar mejor el eje hasta que la aguja fluctúe lo mínimo posible.

Se ha observado que en los extremos están bien alineados, pero en la muñequillas ya da una premisa de que esta desalineado.

**Ilustración 88: Comprobación de las muñequillas**



Fuente: Elaboración propia



Se sigue con el proceso de comprobación hacia el centro del rotor, para ello hay que lijar bien la superficie para que la medida con el comprobador sea lo más exacta posible.

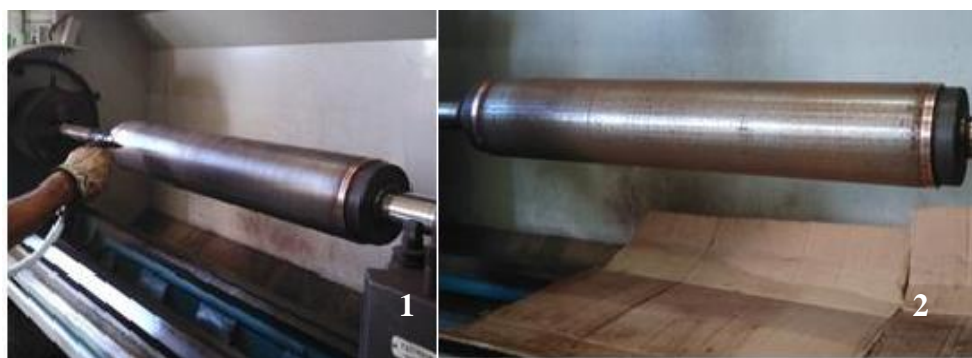
La operación de lijado se hace con una lija de grano grueso, y luego con aire comprimido se limpia para que no queden restos.

**Ilustración 89: Rotor sin lijar (1) y proceso de lijado (2)**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 90: Limpieza con aire a presión (1) y rotor totalmente limpio (2)**



Fuente: Elaboración propia

El siguiente proceso es el de volver a usar el comparador para saber si en la zona central esta desalineado. Pero para ello se vuelve a poner el comparador en el primer extremo, fijamos una marca y giramos el eje, y vemos que apenas fluctúa, por lo tanto procedemos a las muñequillas que están más cerca del acoplamiento de la bomba y se comprueba que tiene más desalineamiento que las otras, esto es debido a al peso de la bomba que influyo sobre el eje del motor a la hora de la caída.

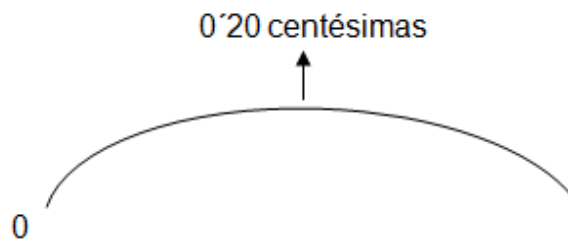
Pasamos a comprobar el bobinado del rotor, y se va haciendo el mismo procedimiento con el comparador que va formando una curva a la vez que cogemos medidas en toda la longitud de la superficie del rotor.

**Ilustración 91: Comprobación del bobinado del rotor**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 92: Desalineamiento del rotor**



Fuente: Elaboración propia

En el extremo del bobinado marca 0 centésimas, pero a medida que nos vamos acercando al centro del bobinado nos marca unas 0,20 centésimas y tiene que llegar lo más próximo a 0 en toda su superficie.

Para intentar alinear, se pone un gato hidráulico debajo del punto más desalineado para intentar comprimir un poco esa zona. Se volvió a comprobar con el reloj comparador y bajo a 0,15 centésimas aún sigue siendo insuficiente.

**Ilustración 93: Alineamiento con el gato hidráulico**



Fuente: Elaboración propia

Por ello se ha usado otro método es usar el accesorio de la luneta para poder sujetar otro punto del eje para que se mantenga fijo y así poder alinear correctamente toda la superficie.

**Ilustración 94: Alineamiento con la luneta**



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto la conclusión a que se llega es que las vibraciones que se sintieron fueron debido al desalineamiento del eje que a su vez fue causado por la caída del grupo sumergible. No obstante, estas vibraciones no son buenas para la bomba ya que el motor no llega a funcionar en óptimas condiciones y no se le podrá sacar la rentabilidad necesaria a la bomba.

Se debe de hacer una nueva rosca exterior en el extremo del rotor donde se lleva a cabo la regulación, debido a que la rosca esta desgastada, para ello se trabaja en el torno, que previamente se ha configurado. Con una cuchilla se le hace un plano a la rosca exterior y se procede hacer la nueva rosca. Seguidamente se le colocan la tuerca y contratuerca para ajustar las piezas, que posteriormente se instalaran.

**Ilustración 95: Rosca exterior desgastada (1) y realizando el plano (2)**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 96: Realizando rosca exterior (1) y colocación de tuerca-contratuerca (2)**



Fuente: Elaboración propia

Una vez que ya se detectó la avería y esta solucionada se procede al montaje del motor

**Ilustración 97: Limpieza de portacojinete trasero (1) y delantero (2)**



Se limpian portacojinete trasero y delantero

Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 98: Limpieza del cuerpo del estator y sus juntas**



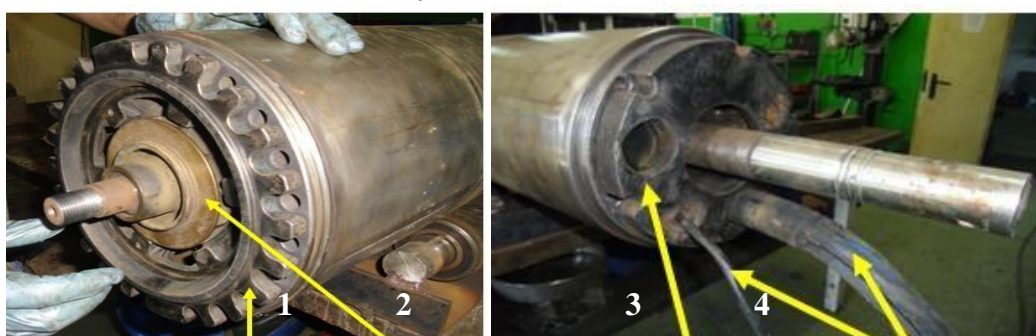
Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 99: Se introduce el rotor en el interior del estator**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 100: Colocación del porta-cojinete trasero (1), el impulsor (2), el porta-cojinete delantero (3) y cables de conexión (4)**



Fuente: Elaboración propia

Se sigue con el montaje del motor de la bomba de mar.

Se limpia la cabeza del motor donde van las conexiones, pero se observa que lleva varios puntos de soldadura y se va a tardar un tiempo en repararla, por lo tanto se decide cambiar la cabeza del motor por una de repuesto.

**Ilustración 101: Cabeza del motor que necesita soldadura**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 102: Limpieza de la nueva cabeza del motor**



Fuente: Elaboración propia

Se comprueba la continuidad de los cables de conexión y dan todos bien, pero se decide cambiar la sonda de temperatura PT100, debido a que se observa que el aislamiento del cable esta mojado y corroído.

**Ilustración 103: Sonda PT100 acoplada en el interior del motor**



Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es ajustar el cojinete contra-axial con sus tornillos y su disco soporte con su tuerca, en la parte trasera del motor.

**Ilustración 104: Fijación de tornillos del cojinete contra-axial**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 105: Colocación del disco soporte y ajuste con su tuerca**



Fuente: Elaboración propia

Continuación del montaje del motor de la bomba de mar.

Se desmonta la pieza de bronce del porta-cojinetes y sus dos arandelas de ajuste situadas en el porta-cojinete trasero que es la pieza donde se albergan las piezas de regulación, ya que está desgastada por las zonas más grandes debido a las vibraciones.

**Ilustración 106: Porta-cojinete e interior del porta-cojinete**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 107: Pieza de bronce desgastada y arandela de ajuste**



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se limpia y se desmonta el cojinete axial y vemos que donde se alojan las bolas esta desgastado. También se desmontan los riñones para limpiarlos, para ello se les quitan unos remaches de plástico.

Se le hace un plano en el torno al cojinete axial debido a que las bolas han desgastado la superficie. El plano se le hace en el torno con un pulido para quitarle los agujeros que hicieron las bolas.

**Ilustración 108: Vista frontal y trasera del cojinete axial**



Fuente: Elaboración propia

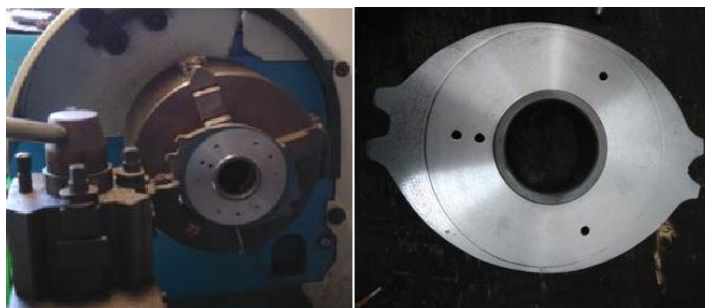


**Ilustración 109: Desmonte y limpieza del cojinete axial producido por las bolas**



**Fuente: Elaboración propia**

**Ilustración 110: Rectificando cojinete axial en el torno**



**Fuente: Elaboración propia**

**Ilustración 111: Montaje del cojinete axial**



**Fuente: Elaboración propia**

Una vez hecho el pulido se vuelve a montar el cojinete axial.

A la pieza de bronce que esta desgastada y que retiramos anteriormente hay que hacerle un plano para rebajar los huecos hechos por el cojinete axial debido a las vibraciones producidas y también para que ajuste bien a la hora de la regulación. Para ello se coge otra pieza de bronce y se trabaja sobre ella.

**Ilustración 112: Haciendo rectificando en el torno a la nueva pieza de bronce**



Fuente: Elaboración propia

Prácticamente la modificación que se ha hecho en la nueva pieza de bronce para que todo ajuste correctamente ha sido la siguiente:

1º El ancho de la pieza desgastada de bronce es de 18mm y sus dos arandelas de 0,3mm, es decir tenemos  $18+2 \times 0,3= 18,6$  mm

2º Al cojinete axial, había que hacerle un rectificando, se le quitaron 1,6mm.

3º Sabiendo que el ancho de la nueva pieza de bronce es de 22mm, se tiene que tener en cuenta que se quita los 18,6 mm más los 1,6 mm, por lo tanto  $18,6+1,6=20,2$ mm. Es decir la nueva pieza de bronce se le debe de hacer un rectificando para dejarla en 20,2 mm, para que ajuste bien.

Finalmente se montan todas las piezas en el porta-cojinete trasero y seguidamente se acopla al motor con sus tornillos. Y así poder empezar con su regulación.

**Ilustración 113: Piezas de regulación alojadas en el porta-cojinete y este atornillado al motor**



Fuente: Elaboración propia

Se monta la cabeza del motor introduciendo los cables por sus respectivos orificios, se ajusta con sus tornillos y se le aplica silicona en la junta.

**Ilustración 114: Montaje de la cabeza del motor y fijación de tornillería y silicona**



Fuente: Elaboración propia

Para proceder a la regulación, se usan dos calibres o pie de rey, y se debe de medir en dos posiciones, para determinar la holgura, es decir se empuja el eje hacia delante, se mide con el calibre y se anota la medida, seguidamente se tira del eje hacia atrás y se vuelve a medir con el calibre y da otra medida, y la diferencia (holgura) no puede ser mayor que 0,5 mm, (manual del motor), ya que las piezas dentro del motor tienen que tener un pequeño juego para que el motor gire.

Procedemos hacer la regulación con el calibre en la primera medida da 101,1 mm y la otra que tenemos que tirar del eje da 101,7 mm, la diferencia son 0,6 mm que es la medida que le hemos quitado a la parte trasera en la regulación. Por lo tanto quedaría una holgura que estaría bien ya que no interesa que quede muy justo. Esto se hace para ajustar el rotor con el estator.

**Ilustración 115: Primera medida 101,06  $\approx$  101,1 mm**



Fuente: Elaboración propia

Se vuelve a comprobar la regulación de nuevo y en la primera medida da 100,4 mm y en la segunda 101,2 mm, da una holgura de 0,8 mm, por lo tanto da mucha holgura, Por lo tanto la solución que se pensó fue la de poner una arandela de 0,3 mm debajo del cojinete de bronce para que se reduzca esa holgura.

**Ilustración 116: Primera medida 100,41  $\approx$  100,4 mm y la segunda medida 101,19  $\approx$  101,2 mm**



Fuente: Elaboración propia

No obstante se volvió a desarmar el porta-cojinete trasero con las piezas de regulación y se introduce una arandela de ajuste de 0,3 mm detrás del cojinete de bronce.

Se vuelve a montar todo y se vuelve a medir, la primera medida fue de 100,48 mm y la segunda fue de 101,01 mm, la diferencia es 0,5 mm. Por lo tanto ahora sí que estaría bien regulado, ya que da la holgura exacta.

**Ilustración 117: Primera medida 100,48 mm y la segunda medida 101,01 mm**



Fuente: Elaboración propia

Se fija con sus tornillos una tapa para los golpes y es donde va alojada el agua para su refrigeración.

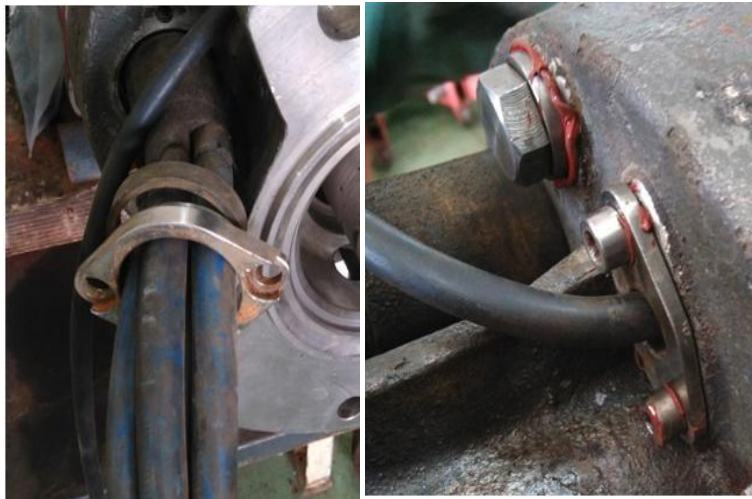
**Ilustración 118: Tapa trasera**



Fuente: Elaboración propia

También se ajustan las arandelas gafas que sujetan los cables al motor.

**Ilustración 119: Arandelas gafas de los cables de conexión y de la PT100**



Fuente: Elaboración propia

Se tiene que tapar un orificio en la cabeza del motor y para ello se mecanizan en el torno a raíz de un tocho de acero inoxidable unas arandelas macizas. La cuchilla que se usan para hacer las arandelas macizas son de polvos de metales prensados.

**Ilustración 120: Orificio que se va a tapar**



Fuente: Elaboración propia

Una vez hecha las ranuras de las arandelas se corta con la radial por las ranuras más estrechas y se sacan las dos arandelas macizas.

**Ilustración 121: Tocho de acero inoxidable y ranuras hechas en el torno**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 122: Proceso de corte con la radial y arandelas macizas ya cortadas**



Fuente: Elaboración propia

## RESULTADOS

---

Una vez echa las dos arandelas macizas se hace un tapón de goma. Se coloca una arandela maciza, luego el tapón de goma, la otra arandela maciza y finalmente una arandela gafa con dos tornillos para fijarlo al orificio de la cabeza del motor y se le aplica silicona.

**Ilustración 123: Tapón de goma y arandela gafa ajustada en el orificio**



Fuente: Elaboración propia

El motor eléctrico debe de refrigerarse y para ello y gracias a su bobinado especial para el agua, se procede al llenado del motor y para ello coloca el motor de forma vertical y se le introduce por un orificio para dicho fin una botella de 5 litros de anticongelante y tres botellas de 5 litros de agua.

**Ilustración 124: Llenado del motor con agua y anticongelante**



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se gira el eje y se comprueba que el rotor gira sobre sí mismo, esto da buenas noticias ya que el motor no está frenado y gira perfectamente.

Finalmente se le instala el sello mecánico y ya estaría listo para su puesta en marcha. En este caso se queda como motor de reserva o para cuando se quisiera poner otro grupo sumergible en marcha.

**Ilustración 125: Colocación y fijación del sello mecánico**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 126: Motor eléctrico terminado y listo para usarse**



Fuente: Elaboración propia



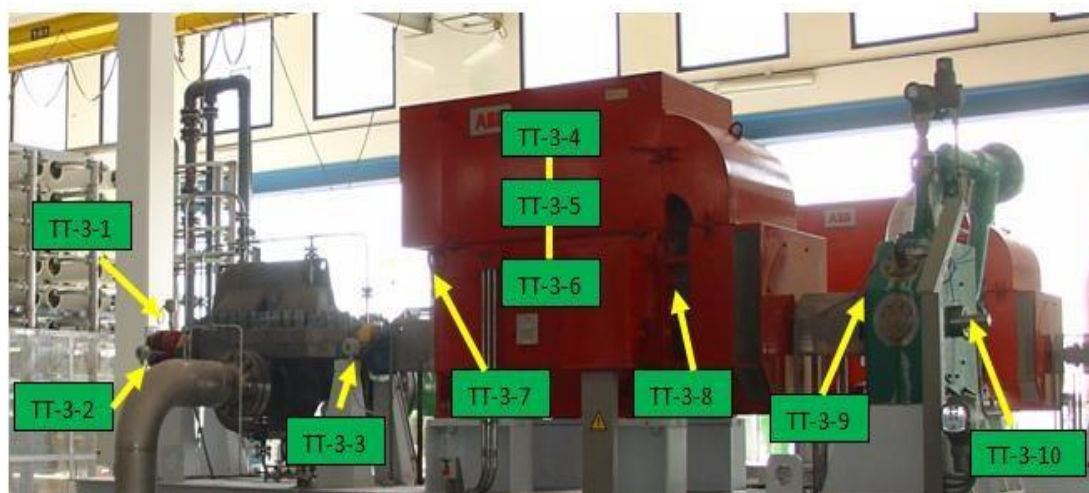
### 5.2.2.3 ENGRASE DE MOTORES ELECTRICOS Y TURBINAS

Los engrases se denominando como un mantenimiento preventivo, debido a que mediante el programa informático de mantenimiento, cada cierto tiempo, según este estipulado por el fabricante, los rodamientos de cada motor y turbina tienen que ser engrasados. Los motores que se engrasan son los de las Turbobombas y los motores de las bombas de ciudad, también los motores de las estaciones de bombeo de Salamanca y Fumero. Las turbinas que se engrasan son las de las Turbobombas. Las bombas de alta presión se engrasan por cárter de aceite.

Primeramente se empezara con los engrases de los motores y de las turbinas de las Turbobombas. Los engrasadores de los motores y de las turbinas son iguales, por ello se utilizara una misma boquilla de la engrasadora, se usa una engrasadora de mano de punta flexible. Seguidamente se le dan 6 emboladas por cada engrasador de forma muy lenta para que se unifique bien con el rodamiento y haga que no suba mucho la temperatura del rodamiento.

Una vez que se empieza a engrasar, en la sala de control se tiene que ir vigilando por si se sube mucho la temperatura. Ya que hay dos alarmas y un disparo que hacer parar la planta, por ello hay que embolar y controlar muy bien cada engrase. Las PT 100 de temperatura coinciden físicamente con los puntos de engrase.

**Ilustración 127: Localización de las sondas de temperatura y los puntos de engrase de una de las Turbobombas**



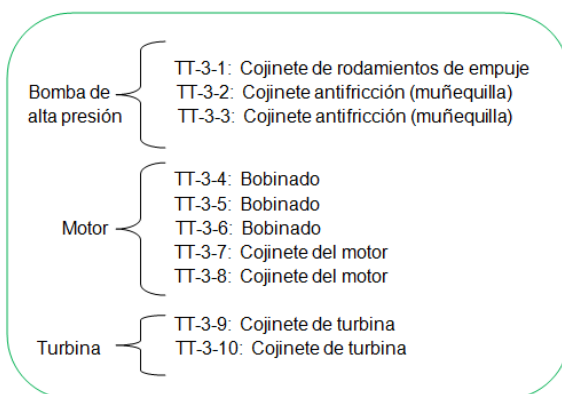
Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 128: Representación de las PT100 de las Turbobombas en el panel de control**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 129: Descripción de las PT100 y engrases de las Turbobombas**



Fuente: Elaboración propia

En las turbinas se suelen dar 3 emboladas, debido a que son más propensas a subir más rápido de temperatura. Normalmente siempre cuando se engrasa se suele subir la temperatura y luego tiende a atenuarse.

**Ilustración 130: Engrasador del motor TT-X-7, engrasando turibna TT-X-10, tubo de grasa**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 131: Alarmas a tener en cuenta cuando se engrasa la turbina, 1º a 65°C y la 2º a 70°C**



Fuente: Elaboración propia

Los motores de las bombas de ciudad, tiene una punta de engrasador de otro tipo, se le inyecta la grasa con otra engrasadora de mano pero su punta flexible tiene una boquilla distinta y acorde con la del motor. En este caso se le dan 4 emboladas por cada lado.

Los motores de Salamanca y Fumero son como los motores de las bombas de mar pero un poco más grandes.

**Ilustración 132: Engrasando motor eléctrico de bombas de ciudad**



Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.2.4 AVERÍA DE UN ACTUADOR NEUMÁTICO

Se realiza el desmonte de un actuador neumático de la válvula de venteo de un filtro de arena, debido a que dio fallos la última vez que se hizo una limpieza de filtro.

**Ilustración 133: Actuador neumático**



Fuente: Elaboración propia

Se desacopla de la tubería, y se procede a su desmonte.

Para ello, se le retira el vástago central con la reductora y se ve que está en buenas condiciones, se retira y comprueba la tarjeta electrónica y esta correcta. Se procede a llevar al taller para comprobar la cámara de presión y el interior de la reductora para comprobar donde está el fallo.

**Ilustración 134: Desmontando el vástago con la reductora**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 135: Desconexión y comprobación de la tarjeta electrónica**



Fuente: Elaboración propia

Se aplica aire comprimido a la cámara por la boquilla y se comprueba los pistones hacen su función de abrir y cerrar, haciendo girar correctamente el vástago.

**Ilustración 136: Desmante y comprobación de la cámara**



Fuente: Elaboración propia

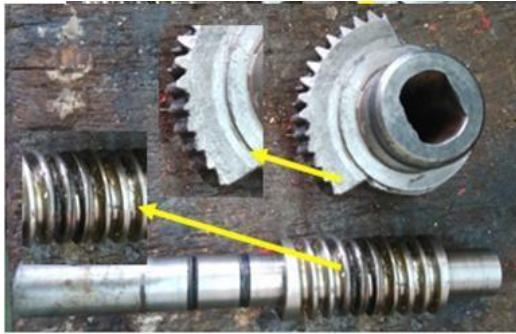
A la hora de desmontar la reductora se comprueba que tanto el piñón como el tronillo sin fin no están en buenas condiciones y están desgastados, se desmontan y se limpian. El piñón tiene varios dientes desgastados y el tornillo sin fin tiene varios filetes de la rosca desgastados.

**Ilustración 137: Desmontaje de la reductora**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 138: Piñón y tornillo sin fin desgastado**



Fuente: Elaboración propia

Debido a no poder hacer el mecanizado en el taller, se lleva a mecanizar a una empresa externa, y seguidamente se monta todo el actuador sin la reductora.

**Ilustración 139: Montaje del actuador**



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se monta una palanca de accionamiento manual en la válvula de venteo del filtro de arena.

**Ilustración 140: Accionamiento manual**



Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Los procesos eléctricos, también trabajan con un programa informático para avisar los mantenimientos eléctricos, en ellos se hacen revisiones de toda la parte eléctrica de todos los equipos, también se trabaja conjuntamente con mantenimiento mecánico en algunos casos, pero hay otros casos donde solo se trabaja con mantenimiento eléctrico y lo que se realizó fue una instalación de un variador de frecuencia de una bomba de un grupo sumergible.

#### 5.2.3.1 INSTALACIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA

Se procede a probar un variador de frecuencia de un grupo sumergible para verificar que está bien, para ello se va a utilizar en la bomba 5 (E). Primero desconectamos los cables de potencia y maniobra de otro variador y se conectan en el variador que se quiere probar.

**Ilustración 141: Variador de frecuencia que se va a probar**



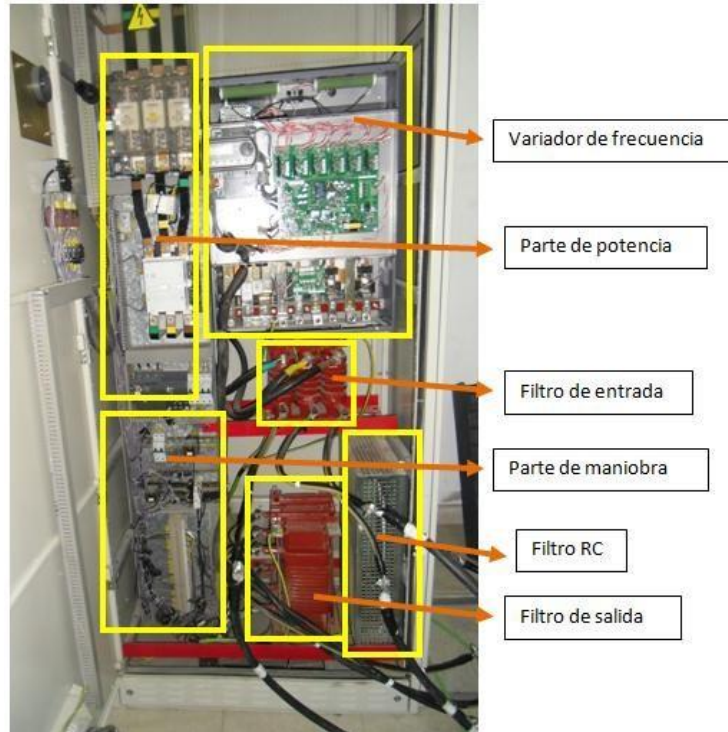
Fuente: Elaboración propia

La conexión de los cables de maniobra se hace con tres cables de sección  $2,5 \text{ mm}^2$

- Entrada analógica: entrada al variador de señal 4-20mA que viene de una salida de una tarjeta analógica.
- Orden de marcha: salida digital del autómatas, hacia una entrada del variador DIN 1 2 y 3 alimenta bobina kt1

- Indicación que la bomba está en marcha que tiene un relé interno.

**Ilustración 142: Armario y componentes del variador de frecuencia**



Fuente: Elaboración propia

La conexión de los cables de potencia se hace con tres cables de sección de  $70 \text{ mm}^2$  pero distinta conexión al de maniobra, debido a que tiene que pasar por un filtro de entrada, luego conectado por un filtro de salida paralelo con un filtro RC y finalmente conectados al motor. Los filtros se usan para atenuar las interferencias.

**Ilustración 143: Armario de tarjetas de entradas y salidas analógicas y digitales**



Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 144: Tarjeta de salidas digitales**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 145: Tarjeta de entrada analógica**



Fuente: Elaboración propia

Una vez echa las conexiones se procede arrancar la bomba mediante el variador desde la sala de control.

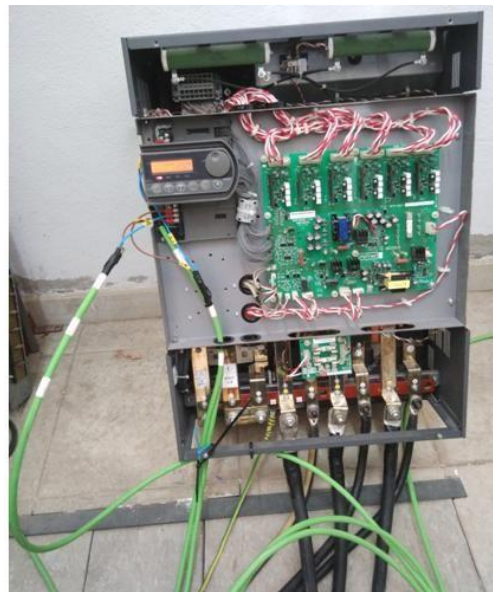
Se arranca variador y da las intensidades correctas 175 A en cada cable de potencia Intensidad nominal de motor 210 A, la corriente está bien porque no sobrepasa de 210A

**Ilustración 146: Indicación de que la intensidad está a 175 A**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 147: Conexión de los cables de maniobra (verde) y de potencia (negro)**



Fuente: Elaboración propia

Se va subiendo la consigna poco a poco y se deja a poco caudal y comprobamos que la intensidad es de 175 A, es decir, no sobrepasa la intensidad nominal que es de 210 A, se queda constante en 175 A, se deja un rato para ver si no varía y vemos que no hay variación, se prosigue poniendo la bomba a sus máximo rendimiento y no da problemas, se deja toda la mañana y da buenos resultado.

Finalmente se para la bomba ya que la comprobación está bien hecha y el variador funciona correctamente.

**5.2.4 DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS**

A continuación se representa mediante unas tablas, los datos técnicos de los equipos más importantes y los que sin ellos no se podrían realizar el proceso de la desalación.

**TABLA 1 Y 2. GRUPO SUMERGIBLE**

<b>Nº 1</b>	<b>Grupo sumergible</b>	
Equipo	Bomba de 5 etapas	Motor eléctrico
Marca	Ingersoll Dresser Pumps	Ingersoll Dresser Pumps
Tipo	12H – 135	MI10 – 74 – 4 P
Potencia	85 KW	100 KW
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Caudal	306 m <sup>3</sup> /h	
Intensidad		225 A
Velocidad	1740 r.p.m.	1800 r.p.m.
Tensión		380 V

<b>Nº 2</b>	<b>Grupo sumergible</b>	
Equipo	Bomba de 6 etapas	Motor eléctrico
Marca	Ingersoll Dresser Pumps	Ingersoll Dresser Pumps
Tipo	12HH – 220	MI10 – 107 – 4 P
Potencia	134,6 KW	150 KW
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Caudal	500 m <sup>3</sup> /h	
Intensidad		330 A
Velocidad	1975 r.p.m.	1500 r.p.m.
Tensión		380 V

**TABLA 3. TURBOBOMBA**

	Turbobomba		
Equipo	Bomba alta presión	Motor eléctrico	Turbina recuperación
Marca	SULZER	ABB	SULZER
Tipo	Cámara partida axialmente	AMA 450L2 A BAH	Cámara partida radialmente
Potencia	1550 KW	1150 KW	642 KW
Frecuencia	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Caudal	680 m <sup>3</sup> /h		394,4 m <sup>3</sup> /h
Intensidad		129 A	
Velocidad	2980 r.p.m.	2974 r.p.m.	2980 r.p.m.
Tensión		6000 V	

**TABLA 4. BOMBAS DOSIFICADORAS**

	Bombas dosificadoras			
Equipo	Bomba de dispersante	Motor eléctrico	Bomba de hipoclorito	Motor eléctrico
Marca	DOSAPRO	ABB	DOSAPRO	ABB
Tipo	G-BG52N-541Q		G-B G51N-541Q	
Potencia		0,55 KW		0,55 KW
Presión	8 Kg/cm <sup>2</sup>		8 Kg/cm <sup>2</sup>	
Caudal	21-175 l/h		10-90 l/h	
Velocidad		1500 r.p.m.		1440 r.p.m.
Frecuencia		50 Hz		50 Hz
Tensión		380 V		380 V

**TABLA 5. BOMBAS CENTRIFUGAS**

	Bombas centrifugas	
Equipo	Bomba	Motor eléctrico
Marca	STERLING	SIEMENS
Tipo	Centreline	
Potencia	97,5 KW	132 KW
Presión	9,5 Kg/cm <sup>2</sup>	
Caudal	275 m <sup>3</sup> /h	
Velocidad	2900 r.p.m.	2980 r.p.m.
Frecuencia		50 Hz
Tensión		380 V

**TABLA 6. COMPRESORES**

Equipo	Compresores
Marca	CompAir
Potencia	5,5 KW
Presión	9,5 Kg/cm <sup>2</sup>
Caudal	2000 m <sup>3</sup> /h
Velocidad	1445 r.p.m.
Frecuencia	50 Hz
Tensión	220-400 V

## **VI. CONCLUSIONES**

## *CONCLUSIONES*

---

La extensa información de las desaladoras me hizo retomarme varios años atrás en la historia, para comprender la importancia, la función y el saber que su existencia ha revolucionado de una forma u otra la salud humana. No obstante me agrada que las primeras desaladoras fueran en Canarias, ya que sin ninguna duda somos islas y estamos rodeados de agua salada, siendo esta el ingrediente principal para dicho proceso.

No cabe duda que desde la primera desaladora en Canarias hasta la más actual hay horas de estudio y de investigación, ya que el objetivo es el mismo, pero el conseguir que este proceso sea de forma más eficiente, eficaz y limpio depende de que pongamos las nuevas tecnologías en estos procesos, ya que el agua es un bien preciado para la vida y si se consigue mediante energías renovables no tenemos nada que reprocharle al medio ambiente, ya que él nos proporciona esa energía que necesitamos.

Destacando especialmente la Planta Desaladora de Santa Cruz, clave principal de este proyecto, el trabajo que se hace y comprender el funcionamiento de toda planta, nos tenemos que mentalizar de que se producen muchos litros de agua al día. Pero hay un grave problema, la poca o nula utilización de las energías renovables en esta planta, por ello hay que concienciarse de que el agua es bien preciado y escaso.

Hoy en día es necesario que las energías renovables sean parte de nuestra vida, por ello, debemos tener en cuenta la importancia de ésta. Por eso, es fundamental investigar nuevos métodos, formulas, mecanismos, etc., donde intervengan las nuevas tecnologías y dichas energías para mejorar de forma limpia los procesos de producción de las plantas desaladoras que están en proyecto y las que ya existen.

En cuanto a los trabajos que se hicieron en la planta desaladora, se le da más importancia aún, a que las nuevas tecnologías son fundamentales en este sector. Por ejemplo, el desmontar un motor eléctrico de un grupo sumergible y ver que el principal agente agresivo es el propio ingrediente principal, el agua salada, y que ello conlleva a la corrosión, se llega a la conclusión de que se debe de mejorar de algún modo, sistemas o productos para que influya en la menor medida posible.

Definitivamente, el agua como ya he citado en páginas anteriores es un bien escaso por ello hay que cuidarla desde los diferentes ámbitos, y respecto a la Planta Desaladora de Santa Cruz, el trabajo que se desarrolla tanto a nivel operacional, mecánico y eléctrico de dicha planta, se trabaja de forma conjunta y eficaz para producir y abastecer de agua a toda la ciudadanía, teniendo como finalidad última el consumo del agua potable.





## **VII. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA**

Balsas de Tenerife (BALTEN). Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://www.balten.es/>

Cabildo de El Hierro. *El Hierro será la primera isla del mundo que se abastecerá al 100% con energías renovables.* Fecha de búsqueda 21.03.2016.:

<http://www.elhierro.es/files/Proyectos/Resumen%20proyecto%20central%20hidroelica.pdf>

Cabildo de Tenerife. Aguas. Fecha de búsqueda 23.03.2016 [http://www.tenerife.es/portalcabtfe/index.php?option=com\\_ocmenutree&view=menuchildren&Itemid=308&lang=es](http://www.tenerife.es/portalcabtfe/index.php?option=com_ocmenutree&view=menuchildren&Itemid=308&lang=es)

Canal gestión de Lanzarote. Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://www.canalgestionlanzarote.es/>

Centro Canario de Agua. Fecha de búsqueda 21.03.2016: <http://fccs.es/documentos/el-agua-en-canarias/>

Colmenar, E. (2003) *Manantial de mar*. Revista Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Fecha de búsqueda 16.03.2016.:

[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_AM%2FAM\\_2003\\_2039\\_43.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM%2FAM_2003_2039_43.pdf)

Consejo Insular de aguas de El Hierro. Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://www.aguaselhierro.org/>

Consejo insular de agua de Fuerteventura. Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://www.aguasfuerteventura.com/>

Consejo Insular de aguas de Gran Canaria. Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://www.aguasgrancanaria.com/>

Consejo Insular de aguas de La Gomera. Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://www.aguasgomera.es/>

Consejo Insular de agua de La Palma. Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://www.lapalmaaguas.es/>

Consejo Insular de agua de Lanzarote. Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://www.aguaslanzarote.com/>

Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://www.aguastenerife.org/>

Consortio de abastecimiento de aguas de Fuerteventura (CAAF). Fecha de búsqueda 23.03.2016 <http://caaf.es/>

DÍAZ RIJO, M. (2007). *Agua potable en Lanzarote*. Academia de Ciencias e Ingenierías de Lanzarote. Fecha de búsqueda 17.03.2016.: <http://www.academiadelanzarote.es/Discursos/Discurso%2023.pdf>

Elblogoferoz (2014). *El Hierro, la primera isla del mundo en ser sostenible*. Fecha de búsqueda 21.03.2016 <http://www.elblogoferoz.com/2014/06/27/el-hierro-la-primera-isla-del-mundo-en-ser-sostenible/>

El Servicio Nacional del Océano. *¿Cuál es el afloramiento?* Fecha de búsqueda 22.03.2016.: <http://oceanservice.noaa.gov/facts/upwelling.html>

España technology for life. *Desaladoras: el ejemplo canario*. Fecha de búsqueda 18.03.2016.: <http://www.spaintechnology.com/technology/es/navegacion-global/desde-el-laboratorio/4260096.html>

FERNÁNDEZ, A. (2014). *“El agua que calmó la sed de Lanzarote”*. Las Palmas de Gran Canaria: La provincia, Diario de Las Palmas. Fecha de búsqueda 26.02.2016.: <http://www.laprovincia.es/lanzarote/2014/11/18/agua-calmo-sed-isla/648451.html>

Foro sobre Lanzarote. (2014) *50 aniversario de la primera potabilizadora de agua*. Fecha de búsqueda 20.03.2016 <http://www.webdelanzarote.com/foro/viewtopic.php?f=1&t=2984>

GEVIC. Naturaleza y cultura. Fecha de búsqueda 19.03.2016: [http://www.gevic.net/info/contenidos/mostrar\\_contenidos.php?idcat=22&idcap=95&idcon=548](http://www.gevic.net/info/contenidos/mostrar_contenidos.php?idcat=22&idcap=95&idcon=548)

Gobierno de Canarias. (2013). *En Canarias hay 319 desaladoras con una capacidad de producción de agua potable superior a 660.000 m<sup>3</sup>/día*. Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas. Fecha de búsqueda 20.03.2016: <http://www.gobiernodecanarias.org/noticias/agpa/Aguas/24759/canarias-319-desaladoras-capacidad-produccion-agua-potable-superior-660.000-m-dia>

Gobierno de Canarias. (2016). *Las desaladoras de Guía de Isora y Granadilla de Abona se preparan para iniciar la fase de pruebas*. Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas. Fecha de búsqueda 20.03.2016: <http://www.gobiernodecanarias.org/noticias/agpa/Aguas/69079/desaladoras-guia-isora-granadilla-abona-preparan-iniciar-fase-pruebas>

Google Maps

Gorona del Viento. *El proyecto*. Fecha de búsqueda 21.03.2016  
<http://www.goronadelviento.es/index.php?accion=articulo&IdArticulo=70&IdSeccion=85>

Lainformación.com (2012). *El Hierro incrementará su red de desalación de aguas con una en El Golfo*. Fecha de búsqueda 19.03.2016.:  
[http://noticias.lainformacion.com/politica/autoridades-locales/el-hierro-incrementara-su-red-de-desalacion-de-aguas-con-una-en-el-golfo\\_WZG8MTNbVeUrdGnWCJvOi5/](http://noticias.lainformacion.com/politica/autoridades-locales/el-hierro-incrementara-su-red-de-desalacion-de-aguas-con-una-en-el-golfo_WZG8MTNbVeUrdGnWCJvOi5/)

Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas (B.O.C. 94, de 27.7.1990; c. e. B.O.C. 133, de 24.10.1990)

Ley 44/2010, de 30 de diciembre, de aguas canarias. Jefatura del Estado «BOE» núm. 318, de 31 de diciembre de 2010 Referencia: BOE-A-2010-20140

MONZÓN, A. (2015). *Desalación de aguas en Canarias*. Blog Canarias7. Fecha de búsqueda 22.03.2016.: <http://www.canarias7.es/blogs/ventanaverde/2015/11/desalacion-de-aguas-en-canaria.html>

Organización de Naciones Unidas (ONU). *Agua y energía*. Fecha de búsqueda 21.03.2016.: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water\\_and\\_energy.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_energy.shtml)

Planta Desaladora de Santa Cruz.

Plan Hidrológico Insular. Fecha de búsqueda 23.03.2016  
<http://www.planhidrologicodetenerife.org/>

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

SEFILTRA. Purificación de Fluidos. *Ósmosis Inversa*. Fecha de búsqueda 23.03.2016  
<http://www.sefiltra.com/osmosis-inversa-purificacion-agua.php>

TAMAIMOS (2009). *El Agua en Canarias*. Fecha de búsqueda 19.03.2016: [http://www.tamaimos.com/2009/08/14/el-agua-en-canarias/#.Vu6R\\_dLJy](http://www.tamaimos.com/2009/08/14/el-agua-en-canarias/#.Vu6R_dLJy)

