



MSMT

Alta Recuperación en agua de mar
utilizando un sistema Multietapa y de
Doble Turbo

Junio 2018

Agenda

- Experiencia y capacidades técnicas de FEDCO
- Alta Recuperación en Agua de mar y sus beneficios

*Pressure Exchanger and PX is trademarks of Energy Recovery, Inc,

Fluid Equipment Development Company, LLC (FEDCO)

Historia y de la empresa

- Fundada en 1997
- General Electric fue nuestro socio hasta el fin del 2003
- Fundado por Eli Oklejas, actual dueño y CEO. Desarrolló varias inovaciones en bombas y recuperadores de energía
- Financieramente fuerte y rentable desde hace 15 años
- Mismo equipo de Gerentes desde hace 7 años
- Edificio corporativo y planta localizado en Monroe, Michigan, USA

Calificaciones

Auditorías de calidad hechas por:

- Saudi ARAMCO
- General Electric

ISO 9001 (Excelencia en Administración)

- Certificado desde el 2011

ISO 14001 (Ambiental)

- Certificado desde Agosto del 2011

Bancos de Pruebas Certificados

- NSF , Hydraulic Institute y/e ASME, Normas de prueba para bombas centrífugas

Propiedad Intelectual

- Quince (15) patentes emitidas
- Catorce (14) aplicaciones de patentes
- Varias solicitudes de patentes en proceso
- Varios softwares registrados.

CE Mark – Estándar Europeo de Seguridad

- Disponible en nuestros turbos y varios modelos de bombas



Compromiso al ambiente

Recycling

FEDCO has recycled over **505,200 pounds** of used products and material since 2011.

We recycle

Machining materials including metals, oils, carbides, batteries, and coolants

Office materials such as paper products and ink cartridges

Shipping materials, pallets, and lumber

Environmental Audits

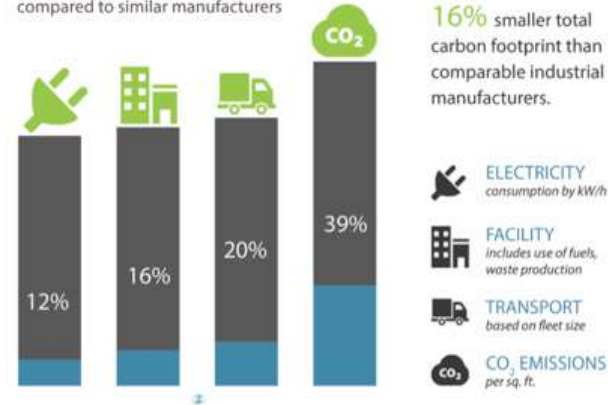
Outside consultants audit FEDCO facility drainage systems on a quarterly basis.

Our storm water drains are **100% pollution free.**²

Quarterly internal audits of material and electrical consumption are integral to FEDCO's ISO 14001 EMS. These reviews have led to the installation of more energy efficient building features and continually influence how FEDCO reduces waste production and energy use.



FEDCO ENERGY CONSUMPTION compared to similar manufacturers



Offsetting our carbon footprint

FEDCO participates in twenty-five of the thirty-two carbon offset measures recommended by UC Berkeley's CoolClimate Network, offsetting more than 17,000 tons of carbon emissions annually.³ These initiatives, along with the use of our ISO 14001 Environmental Management System and green building features, help FEDCO preserve and protect global ecosystems and climate.

12,500 m² of factory and office space Green Building Design

Manufactura



- Sistema MRP sofisticado
- Maquinaria y tornos de última generación
- Máxima eficiencia en manufactura



Vista general del área de manufactura

FEDCO posee personal altamente calificado, lo cuales han trabajado por muchos años en la compañía. Esto permite que obtener una alta calidad en la manufactura de nuestros equipos.

Bancos de Pruebas

100% de productos son probados

Pruebas:

- Rendimiento
- Ruido
- Vibración
- NPSHr
- 4 bancos de pruebas desde 75 kW to 2,600 kW
- Todos los bancos de pruebas son controlados por medio de VFD
- Sistemas integrales de recolección de datos.

Banco de Pruebas de 2600 kW



Certificados a cumplir con normas ASME y HI de bombas centrífugas

FEDCO Worldwide Sales & Service



- ★ FEDCO Oficinas de ventas directas y servicio – Florida, Houston, UAE, Singapore
- ★ Representantes – Australia, Chile, Mexico, India, Saudi Arabia, Japan

Proyectos Mega Escala - Arriba de 10,000 m³/día por tren

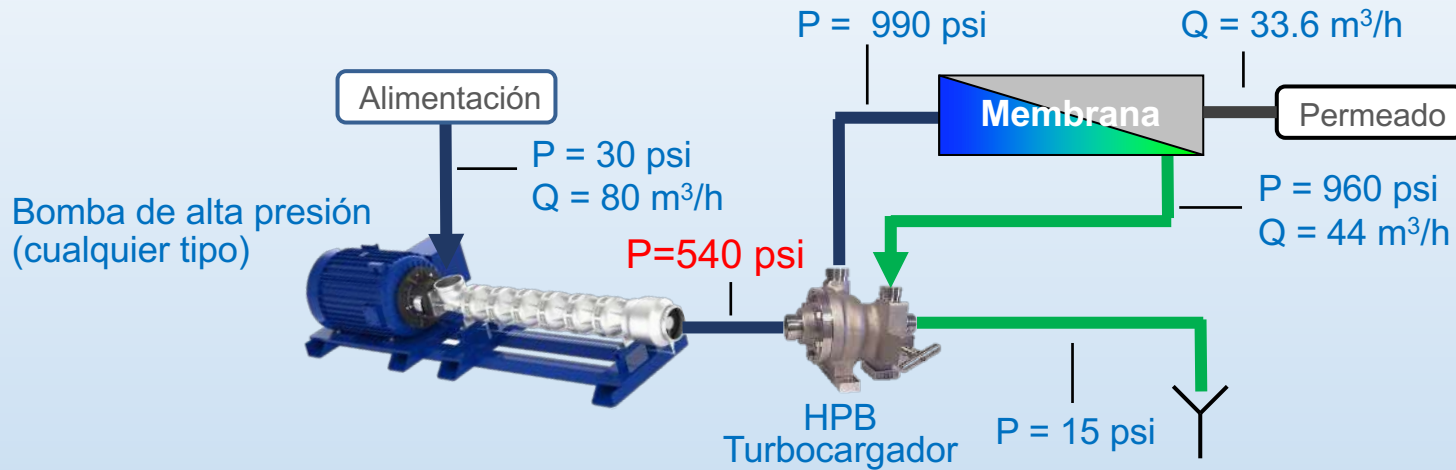
Jeddah III SWRO

Dueño	<i>Saline Water Conversion Corporation</i>
Ubicación	<i>Saudi Arabia</i>
Contratista	<i>WETICO/Doosan Heavy Industries and Construction Co. Ltd.</i>
Capacidad	<i>240,000 m³/d</i>
Trenes	<i>16 x 15,000 m³/d</i>
Alcance de FEDCO	<i>Sixteen (16) HPB-1400 Super Duplex SS turbochargers</i>
Comisionada	<i>2^{do} trimestre del 2013</i>

Ras Al Khair SWRO – 2015 GWI Planta desaladora del año

Dueño	<i>Saline Water Conversion Corporation</i>
Ubicación	<i>Saudi Arabia</i>
Contratista	<i>Doosan Heavy Industries and Construction Co. Ltd.</i>
Capacidad	<i>309,360 m³/d</i>
Trenes	<i>17 x 18,200 m³/d</i>
Alcance de FEDCO	<i>Seventeen (17) HPB-2800 Super Duplex SS turbochargers</i>
Comisionada	<i>3^{er} trimestre del 2014</i>

¿Cómo funciona el Turbocargador?



- Automáticamente levanta presión
- Totalmente alimentado por la presión del rechazo
- Sin necesidad de equipo auxiliar ni caudalímetros
- Sin lubricación ni límites de temperaturas ambientales
- Puede descargar rechazo a cualquier contra presión
- Nunca verán mezcla de rechazo en la línea de alimentación
- Errores del operador no causarán daño

Disponibilidad del recuperador de energía

HPB Turbo puede obtener el 100% disponibilidad con

- Diseño adecuado del sistema
- Capacitación en sitio y/o en planta
- Mantener repuestos en sitio o en FEDCO



Una inspección completa o el recambio completo de partes se puede realizar en menos de una hora





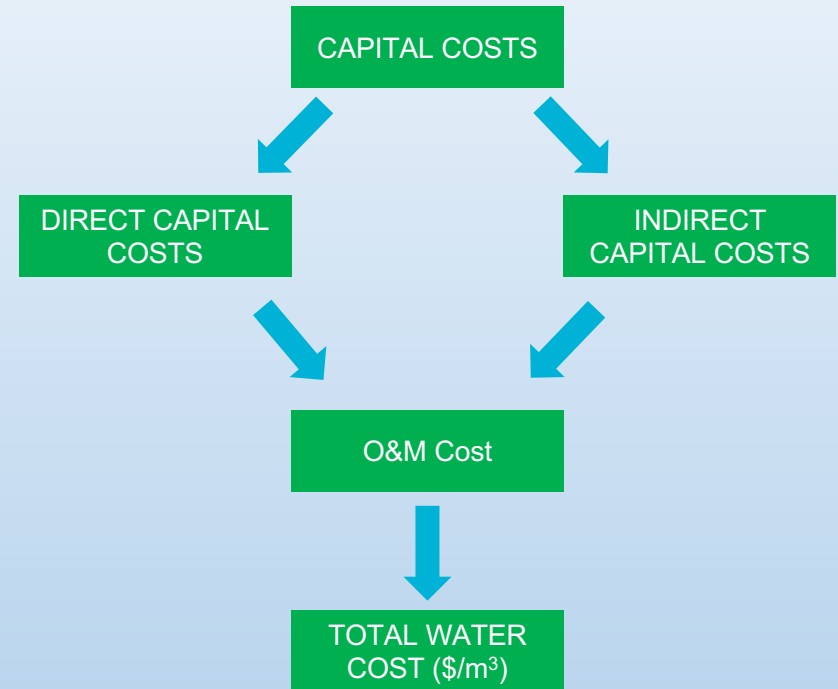
Hemos formado una relación fuerte a través de los años donde nuestros valores y enfoque a entregar sistemas y componentes de alta calidad nos permite ofrecer juntos la más importante innovaciones en el mundo de desalinización.

MSMT
“MULTI STAGE MULTI TURBO”



Costo Total del Agua

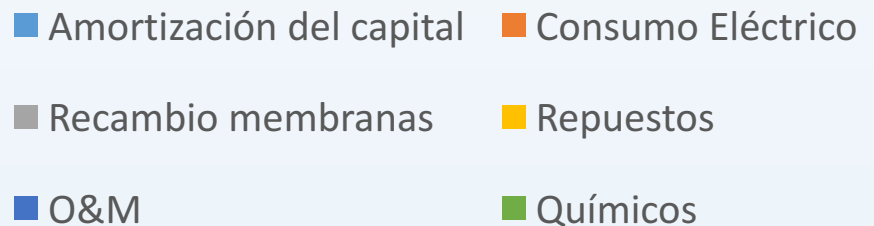
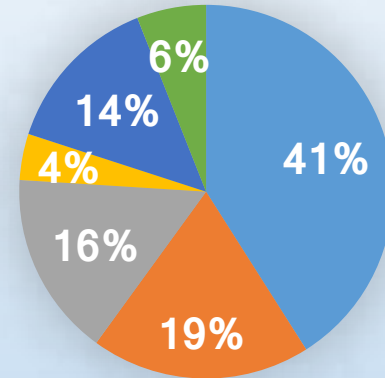
- Total Water Cost (**TWC**)
 - $TWC = CAPEX + OPEX$
 - No incluye los costos de distribución
- TWC en el rango 0.8 - 2 USD/m³



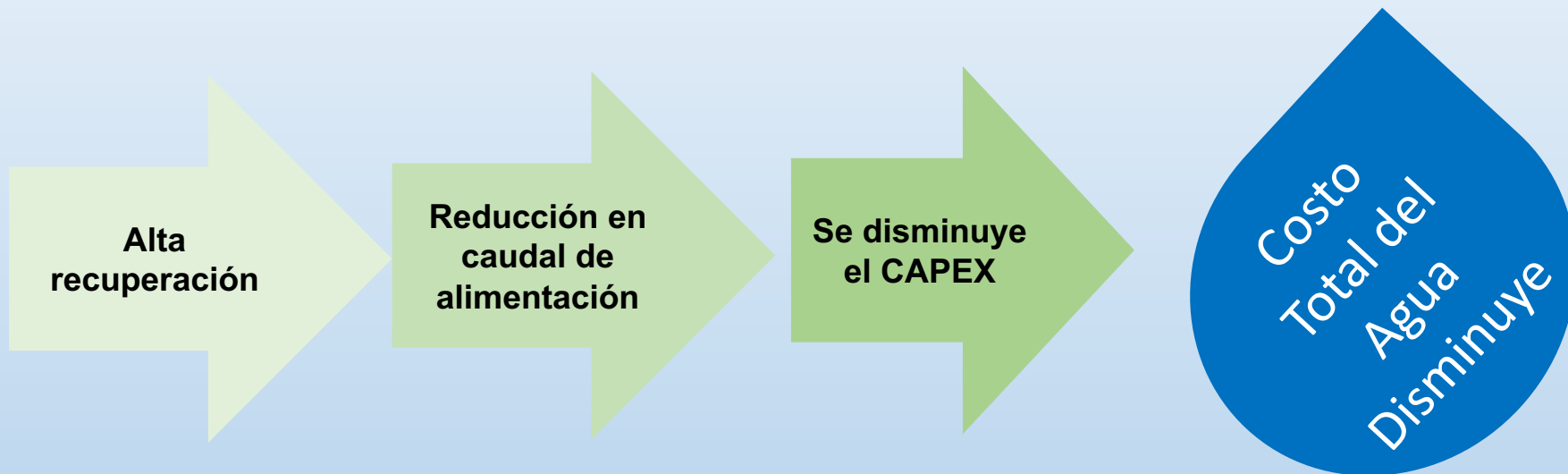
Introducción: Costo Total de Agua (TWC)

El SEC es visto como un parámetro importante al momento de evaluar la factibilidad de un proyecto en desalinización

El consumo eléctrico comúnmente se reconoce como el 40 – 50 % del OPEX. Pero en realidad solo representa menos del 20% del TWC



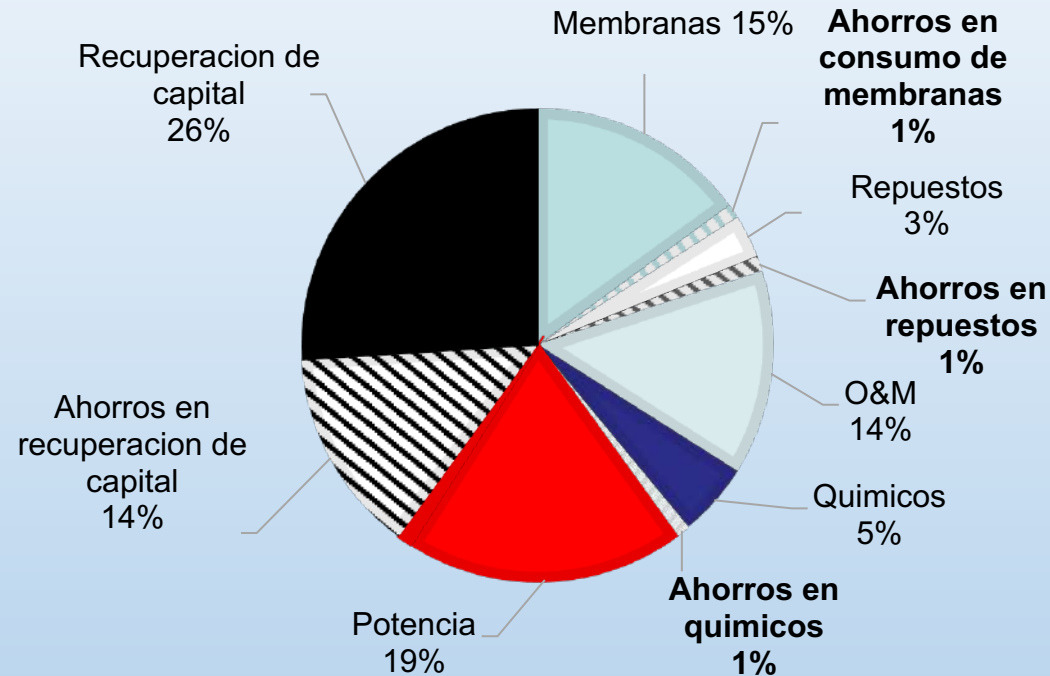
Reducción del **Costo Total del Agua** por medio de alta recuperación



Reducción del costo de agua por medio de alta recuperación

- Reducción en caudal de alimentación:

- ↓ Costo de pozos
- ↓ Descarga del rechazo
- ↓ Tamaño de bombas
- ↓ Pretratamiento
- ↓ Repuestos
- ↓ Espacio (↓ obra civil)
- ↓ Diámetro de tubería
- ↓ Tiempo de entrega de componentes
- ↓ Consumo de productos químicos (proceso más verde)



Casos de alta recuperación en agua de mar

Irving Moch, Jr. (2000)

- Conclusiones

- 15% en la reducción del consumo eléctrico
- CAPEX disminuyó 10 – 20 %
- Espacio necesario disminuyó 20%
- Tamaño del pretratamiento disminuyó en un 33%
- Costo de mantenimiento disminuyó en un 15%
- Costo Total del Agua disminuyó en un 10 – 20%

Planta	%R	Start-up	m ³ /d
Ehime, Japan	60 %	1996	210
Mas Palomas Spain	60 %	1997	270
Ibiza, Spain	60 %	1999	270
Mas Palomas 1 Spain	60 %	1999	4500
KAE Curacao 1 Caribbean	57 %	1999	5700
KAE Curacao 2 Caribbean	57 %	1999	5700
Mas Palomas 2 Spain	60 %	1999	4500
Mas Palomas 3 Spain	60 %	2000	4500
Tortola Caribbean	60 %	1999	690
Muroto Japan	60 %	2000	480

Moch, Jr., I., The Case and feasibility of very high recovery Sea Water Reverse Osmosis Plants, Proceedings, ADA North American Biennial Conference & Exposition, South Lake Tahoe, NV, August 2000

Casos de alta recuperación en agua de mar

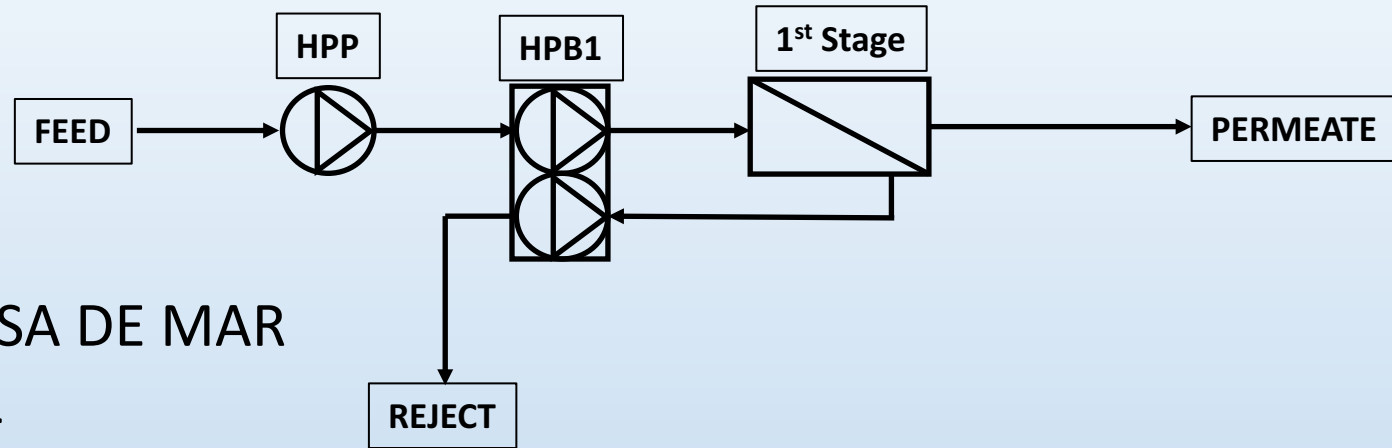
Caso de Estudio	Ahorros proyectados
FEDCO	10 - 20 %
Irving Moch, ADA Conference (2000)	10 - 20 %
Meyer- Steele S., et al., Suez, TP1029EN	16%

%	1 Etapa	2 Etapas
Capital Cost	46%	37%
Electricity	36%	30%
Membrane Replacement	5%	6%
Chemicals	4%	2.5%
Others	9%	8.5%
(Labor, maintenance, etc.)	57 %	1999
Savings	—	16%

Meyer-Steele S. et al., Seawater reverse osmosis plants in the Caribbean recover energy and brine reduce costs (SUEZ - Technical Paper TP1029EN)

Moch, Jr., I., The Case and feasibility of very high recovery Sea Water Reverse Osmosis Plants, Proceedings, ADA North American Biennial Conference & Exposition, South Lake Tahoe, NV, August 2000

La solución de alta recuperación de FEDCO



OSMOSIS INVERSA DE MAR
CONVENCIONAL

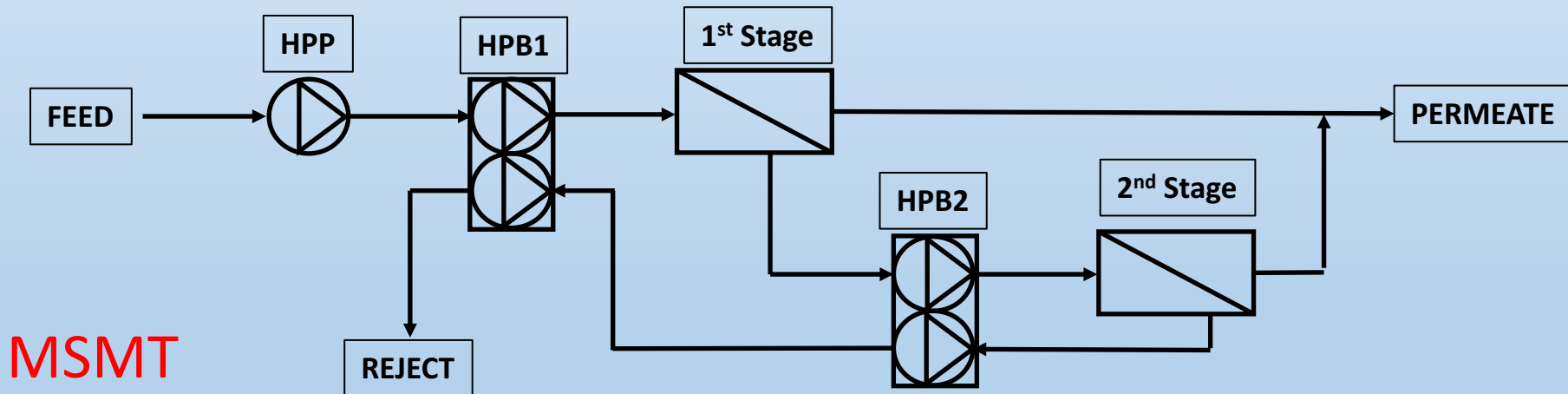
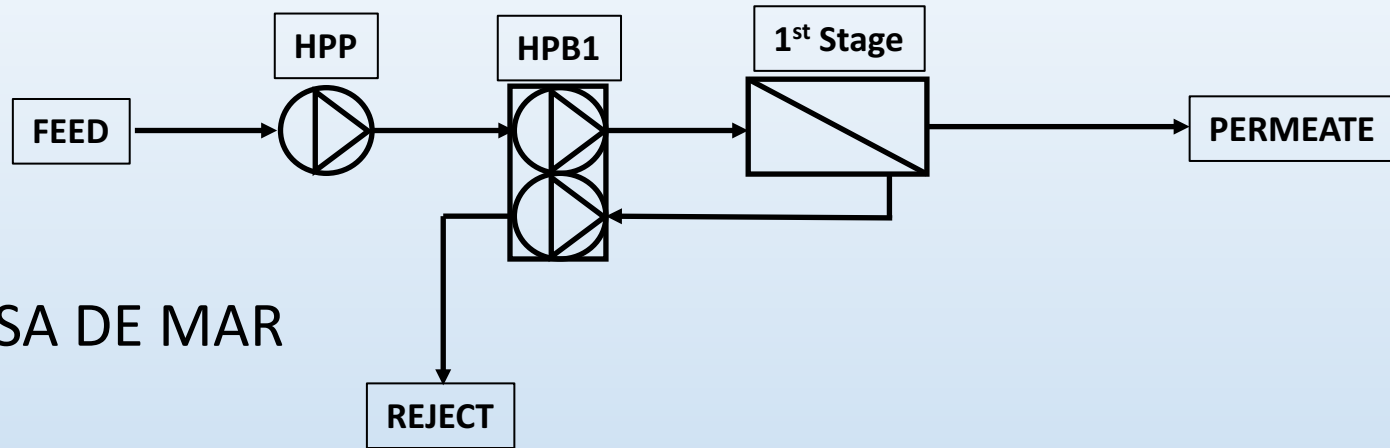


=



TURBOCARGADOR

La solución de alta recuperación de FEDCO



=



TURBOCARGADOR

¿Por qué no se hizo antes?

- La aparición de los intercambiadores de presión y cámaras isobáricas llevo la discusión desde la optimización del proceso hacia el rendimiento de los dispositivos de recuperación de energía.
- Las cámaras isobáricas se benefician de porcentajes de recuperación mas bajos. En términos generales, cuanto menor sea la recuperación menor será el SEC de la sección OI, pero cuanto menor sea la recuperación mayor será el CAPEX.
- La necesidad de turbocargadores altamente eficientes nos da la mejor opción de obtener el máximo rendimiento de un sistema, algo que no se logra con intercambiadores de presión.

Planta del año 2015, Ras Al Khair, KSA
17x HPB – 2800
2800 m³/h



Ventajas de una configuración multietapas

- Balance del flux = Gestión del Caudal y Presión
 - Muy común en agua salobre BWRO
- Caudal / Velocidad de flujo tangencial → Multietapas (e.g. n:n/2)
- Presión → Boosting interetapas

La primera membrana es la que hace todo el trabajo.....



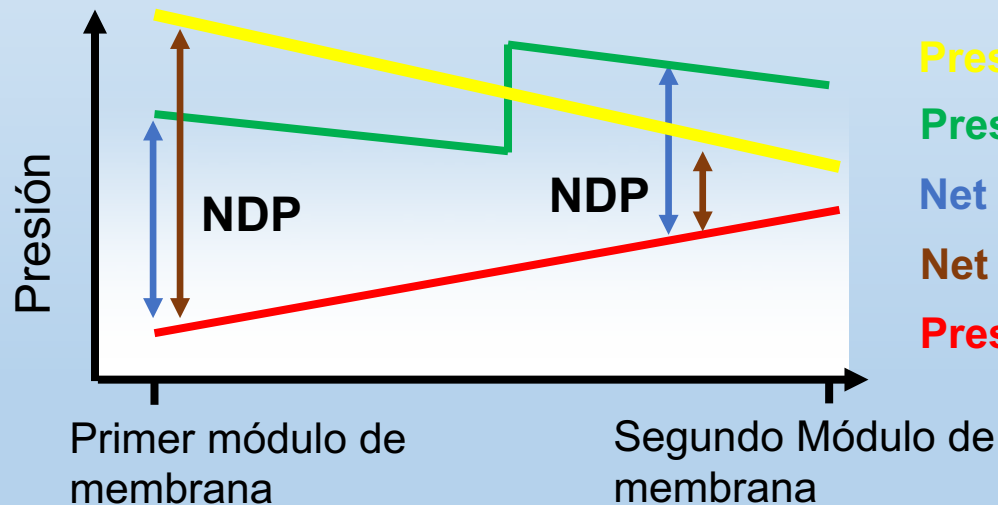
or



Ventajas de una configuración multietapas

- Balance del flux
- Gestión del Net Driving Pressure (NDP)
- Disminuye el consumo de energía
- Mejora la velocidad de flujo tangencial
- Distribuye el fouling de forma mas homogenea
- Menor factor de polarización y potencial de incrustación.
- Produce dos calidades de permeado sin necesidad de utilizar un Sistema de ultrafiltración parcial
 - En el caso que se necesite agua de alta calidad solo es necesario un doble paso de menor tamaño para tratar el permeado de la segunda etapa.

Alarga la vida de las membranas cuando se trabaja dentro de especificaciones del fabricante



Presión en un sistema convencional

Presión en un MSMT

Net Driving Pressure MSMT (NDP)

Net Driving Pressure Conventional (NDP)

Presión osmótica

Ventajas de una configuración multietapas

MSMT, 17 racks
Recuperación total 47.4-52.4%

Convencional, 17 racks
Recuperación total 38.5%

Permeate Water Flux l/h	Beta
21.7	1.03
16.5	1.03
12.6	1.02
9.5	1.02
7.1	1.01
5.3	1.01
3.9	1.01
24.6	1.03
19.4	1.02
15.1	1.02
11.7	1.02
9.2	1.01
7.1	1.01
5.6	1.01

Permeate Water Flux l/h	Beta
27.7	1.05
19.4	1.04
13.4	1.03
9	1.02
6.1	1.02
4.1	1.01
2.7	1.01

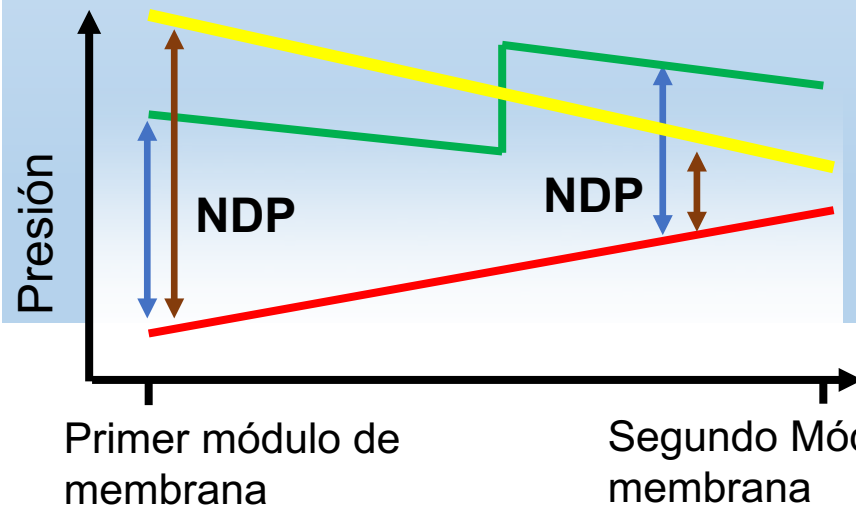
Presión en un sistema convencional

Presión en un MSMT

Net Driving Pressure MSMT (NDP)

Net Driving Pressure Conventional (NDP)

Presión osmótica



La solución de alta recuperación de FEDCO

	CONVENCIONAL	FEDCO - MSMT
RECUPERACIÓN	45%	55% - 60%
DESEMPEÑO DE LAS MEMBRANAS	NORMAL	MEJORADO
NÚMERO DE MEMBRANAS	IGUAL	IGUAL
CONSUMO DE QUÍMICOS	NORMAL	MENOR
PRETRATAMIENTO	NORMAL	DISMINUCIÓN
CAPEX	NORMAL	DISMINUCIÓN
COSTO TOTAL DEL AGUA	NORMAL	BAJO

Otras ventajas

- Llenar sus cisternas un 33% mas rápido
- El caudal de descarga del rechazo será menor debido a la alta recuperación.
- El permeado de la 1^{ra} etapa tendrá un TDS de menos de 200 mg/l.



Algunas Referencias





Muchas Gracias!

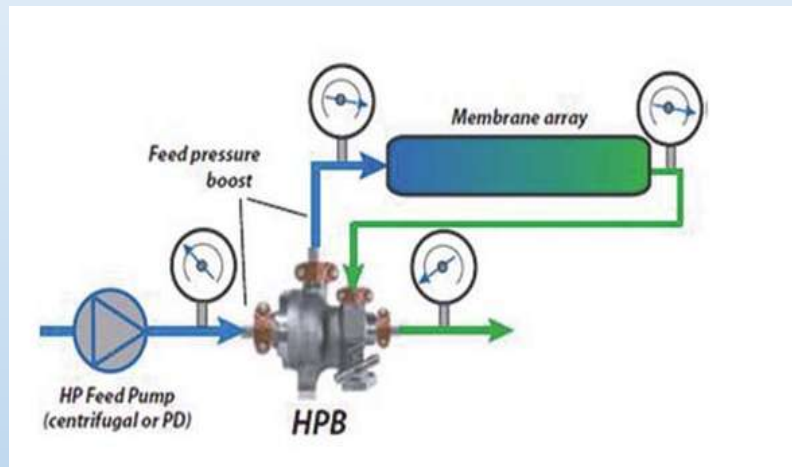
MSMT

Alta Recuperación en agua de mar
utilizando un sistema Multietapa y de
doble Turbo

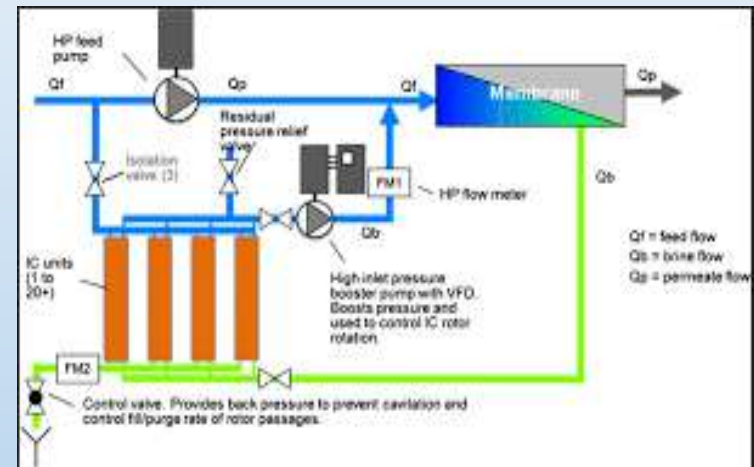
Junio 2018

FEDCO HPB contra el PX de ERI

Simplemente



Sencillo



Complicado

Intercambiador de Presion™ (PX™) Funcion del sistema

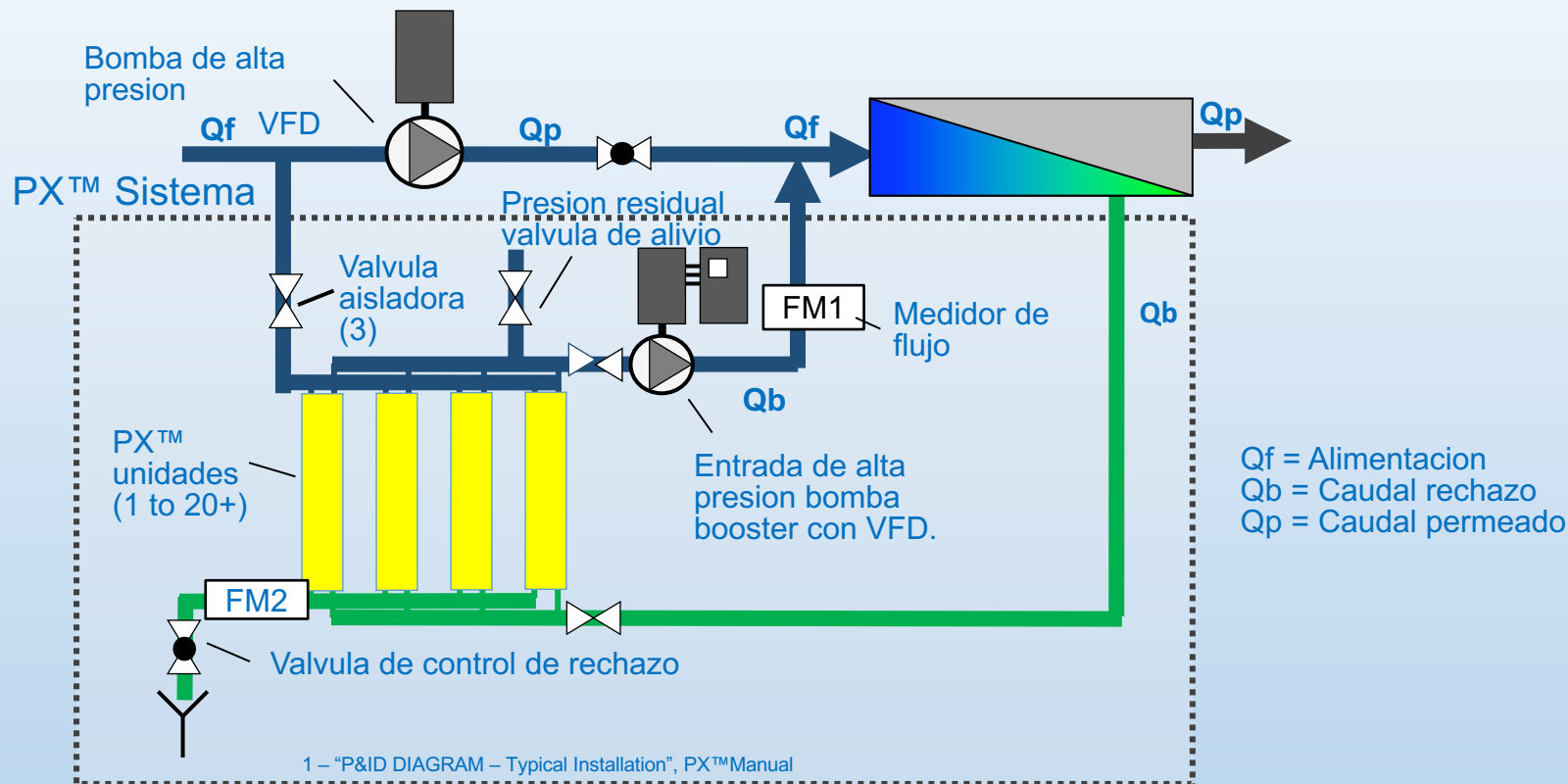


Diagrama simplificado y de acuerdo al manual del PX.

Instrucciones para lavado especiales, múltiples puertos, 2 manifolds, cuantos lugares puede contar en este diagrama donde pueda verse oportunidades de corrosión, 2 bombas, 2 variadores de frecuencia, y mas....

PX™ - Mezcla de rechazo con el agua de alimentacion

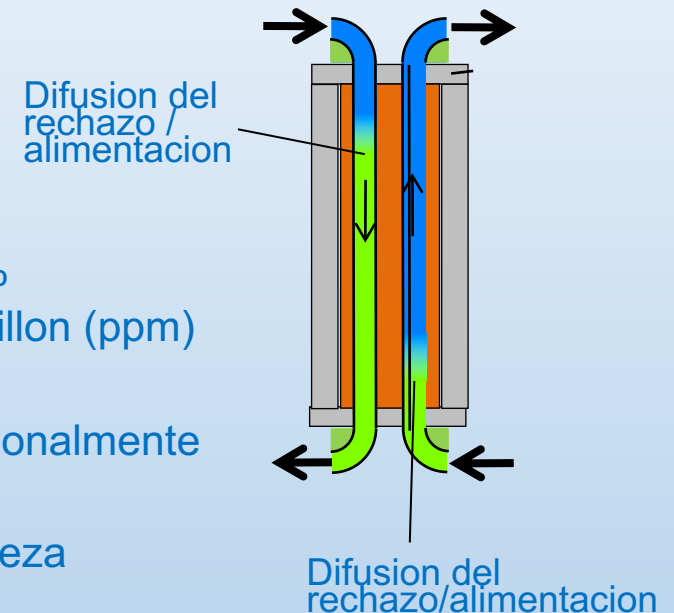
Tres causas mayores:

- Difusion en el interfaz del rechazo y la alimentacion
- Operacion fuera de balance
- Rotor atascado

Difusion del rechazo /alimentacion

- Consecuencia inevitable del PX™
- Incrementa la salinidad de la alimentacion un 2% a 3%
- Incrementa la salinidad de 1,000 a 1,300 partes por millon (ppm)
- Presion de alimentacion Tambien incrementa 1.2 bar
- El TDS del permeado tambien incrementa desporporcionalmente
- Reduce el tiempo de vida de sus membranas
- Incrementa sus costos de productos quimicos de limpieza

Este tipo de actuacion debe verse como inaceptable dentro de un diseño y proceso.

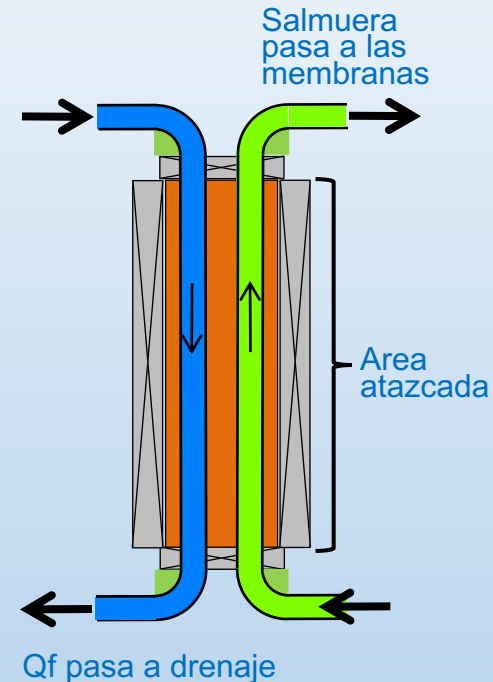


PX™ - Cuando se atasca un rotor

- Toda la alimentacion de baja presion se va a drenaje
- Todo el rechazo bajo alta presion va hacia la membranas
- El incremento de TDS requiere un incremento de presion
- Posibles causas : Antiescalantes, Biocontaminacion, escombros como cinta y pedazos de ceramica

Acciones Correctivos

- Identificar el PX con el rotor atascado
- Retirar la unidad del sistema
- Parcialmente desensamblar y armar un ves localizado el escombros
- Volver a instalar en el Sistema
- Volver a arrancar y balancear el systema



Costo de un rotor nuevo es casi el valor de un PX nuevo

Impacto del costo de construccion y de la instalacion con PX™

Los datos de la derecha fueron preparados por un EPC importante para comparar el impacto en los costos de los turbocargadores y el Sistema PX™ en CAPEX de todo el proyectode OI (menos el terreno) La relacion positive muestra un costo adicional atribuido al PX™. Negativo muestra un costo adicional atribuido a un turbo.

El Sistema PX™ elevo el costo total estimado del Proyecto en un 11.7% en relacion con un Turbo

No.	Item	Ratio (%)	Remarks
1	HPP& Motor	-9.0	
2	DAF	0.0	No cost impact
3	DMF	0	No cost impact
4	Cartridge filters	14.2	Separate HPP and PX™ feed supply
5	RO membranes	19.1	Additional membranes and PVs to accommodate higher feed TDS from the PX™ to apparently eliminate a feed pressure increase.
6	Pressure vessels	10.2	
7	ERD	191.3	
8	RO racks	12.3	To accommodate additional PVs and membranes
9	CIP system	13.5	
10	Chemical dosing	0	
11	FRP piping	8.9	Separate pretreatment supply to PX™ array
12	Steel piping	48.6	PX™ manifolds
13	Valves, actuators	12.8	
14	Steel structure	10.9	
15	Electrical, I&C	11.8	
16	Building & HVAC	10.3	Larger building footprint
17	Erection works	5.1	Larger building
18	Transportation	13.0	PX™ system components and building materials
19	Spare parts	19.3	
20	Other miscellaneous	2.3	
21	Total	11.7	Total project cost increase (weighted costs)

Seguridad

Articulo de seguridad	Turbo	PX
# de tuberia de altapresion	Tres (3)	30+ Juntas de ranura + bridas
Sellos Mecanicos	Zero (0)	Multiples
Componentes Electricos	Ninguno (turbo)	Bomba booster, VFD, actuadores
Valvulaje de alta presion	Ninguno	Numerosas valvulas
Potencial de tener fugas	Virtualmente ninguno	Extentos y penetrante
Presion retenida al apagar	Nada	Si
Riesgo de mala operacion	Ninguno	Si
Ruido	Menos de 85 dBA	90+ dBA – Emitido desde un area grande y dificil de contener

La seguridad de sus operadores depende en su seleccion de ERD

Garrantia

Una garantía es la declaración más veraz que un fabricante hará sobre su producto

Cada descargo y excepción en una garantía puede representar múltiples fallas en el campo para las cuales el proveedor no tuvo solución.

Las garantías de PX™ reflejan una variedad de problemas operativos tratados a través de excepciones de garantía; es decir, las sensibilidades y limitaciones de rendimiento ahora son responsabilidad del cliente

FEDCO Turbos:

- No dejar pasar partículas arriba de 20 micras
- Mantener contra presión del rechazo
- No pasar de la presión recomendada

Isobaric Warranty disclaimers

CAUTION	Do not exceed the maximum allowable feed flow rate to the IC unit. This may damage the IC device.	NOTE	The high-pressure pump should never be operated without the circulation pump. An interlock should be installed so that the high-pressure pump will automatically shut down if the circulation pump shuts down.
CAUTION	Failing to flush the IC unit with fresh water before extended shutdowns may result in excessive biological growth that may foul the IC unit and inhibit rotation upon start-up.	NOTE	A sample operating log has been provided at the end of Section XX and must be submitted by fax or e-mail to XXX, Inc. upon completion of startup and balancing routines. Data should be recorded daily and maintained during the life of the warranty to support any claims.
NOTE	XXX encourages plant designers and engineers to submit or complex SWRO systems. P&IDs to XXX for engineering review, especially for large.	CAUTION	The IC unit must be flushed with fresh water for extended shutdowns to avoid excessive biological growth that may foul the IC device and inhibit rotation upon start-up. The high-pressure and low-pressure sides of the IC unit should be flushed separately.
DANGER	Do not allow the high-pressure reject feed to the IC unit to exceed 1,200 psi (83 bar). If necessary, install a pressure switch and/or safety valve in the high-pressure line(s) to ensure that the system does not exceed 1,200 psi (83 bar).	CAUTION	Failing to flush the IC unit with fresh water may result in excessive biological growth that may foul the IC unit and inhibit rotation upon start-up. The high-pressure and low-pressure sides of the IC unit must be flushed individually.
CAUTION	The IC unit must not be supported by its pipe fittings, nor should the IC unit be allowed to support piping or manifolds. During installation avoid lifting the IC unit by the ports.	CAUTION	IC units must be isolated from the reverse osmosis system whenever a chemical cleaning of the membranes is being performed.
NOTE	A pressure gauge should be installed near each pipe connection to the IC unit array to facilitate monitoring of IC unit performance.	CAUTION	Metal objects can chip or crack ceramic. Use caution when handling ceramic components to avoid damage.
CAUTION	Thoroughly flush associated piping with water filtered to 10 microns before installing the IC unit. Foreign material may cause damage.	DANGER	Make sure the system is fully depressurized prior to disconnecting the IC unit.
DANGER	The lock ring segments in the ends of the IC assembly must be kept dry and free of corrosion. Deterioration of these segments could lead to failure of the IC unit enclosure. Regular rinsing of the IC unit head assembly with permeate to prevent salt buildup is recommended.	CAUTION	The IC unit must never be exposed to a temperature below 33 deg F (1 deg C) or greater than 120 deg F (49 deg C).
CAUTION	Entrained or trapped air or other gasses must be purged from the SWRO system before pressurization.	CAUTION	Seawater feed to the IC units must be filtered to 10 microns or less.
CAUTION	Introduction of non-water soluble contaminants such as grease, oil, wax, petroleum jelly, etc. may inhibit rotor function.	CAUTION	The minimum discharge from the unit shall be 8 psig and greater than 15 psig is recommended.
CAUTION	Do not allow the high-pressure or low-pressure stream flow rates to exceed the flow rates listed in Table XXX. To comply with the warranty, it is necessary to install flow meters on both the high-pressure stream and low-pressure streams. Failure to do so can result in damage or destruction of the IC unit and/or other equipment.		