

# LA SOLUCIÓN INTELIGENTE PARA EXTENDER LA VIDA ÚTIL DEL TRANSFORMADOR

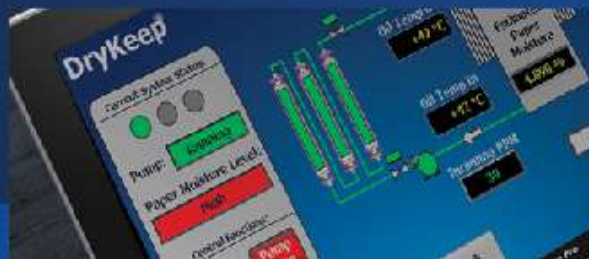


## DryKeep®



El sistema de secado Online,  
en el Transformador de  
potencia con monitoreo  
basado en la condición.

PROTEGIENDO SU ACTIVO  
MÁS CRÍTICO



# DryKeep es la solución permanente y activa, que permite extender la vida útil de los transformadores de potencia.



## EL PROBLEMA:

### La acumulación de humedad en transformadores es costosa.

Los transformadores de Potencia representan uno de los activos más críticos e importantes del sistema de transmisión y distribución eléctrica. A pesar de ser un equipo, extremadamente confiable, una falla del mismo, representa un evento catastrófico, que resulta no solo en la pérdida del activo, sino que además pudiera afectar la continuidad del servicio con el cliente y una inversión inesperada de la empresa eléctrica.

Los transformadores de potencia, están diseñados para trabajar el tiempo de vida útil programado. Para

tal fin, debe operar bajo las condiciones ideales de temperatura, carga y contar con un buen mantenimiento. Excluyendo circunstancias extraordinarias, que pudieran afectar el funcionamiento del activo, una falla puede ocurrir cuando el aislamiento de celulosa, el papel, se degrada por debajo de sus límites mecánicos y eléctricos. El agua, la temperatura y el oxígeno, son los principales acelerantes para el envejecimiento y degradación de la celulosa y el aceite. Esto es causado por una serie de reacciones químicas como la hidrólisis, la oxidación y la pirólisis. Todas, derivan en la creación de agua y esta es un acelerante del envejecimiento el cual ocurriría en forma exponencial, si el agua no es removida de forma permanente de la celulosa y el aceite. (Ver Fig. 1).

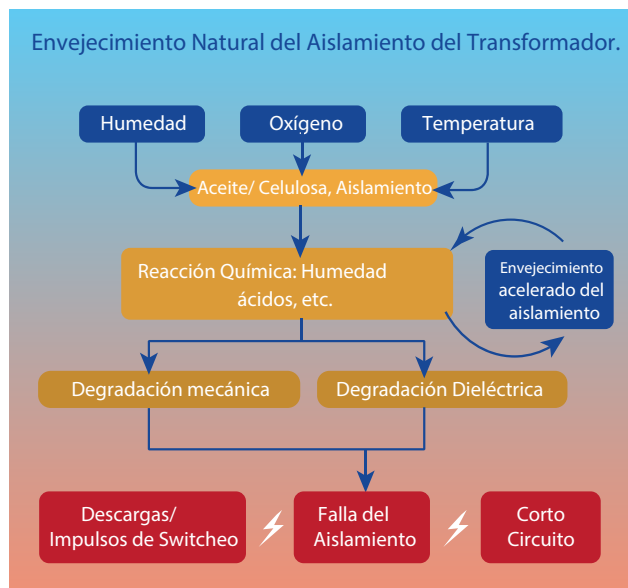


Figura 1

La presencia de humedad en el transformador, disminuirá las propiedades dieléctricas del aceite y la celulosa.

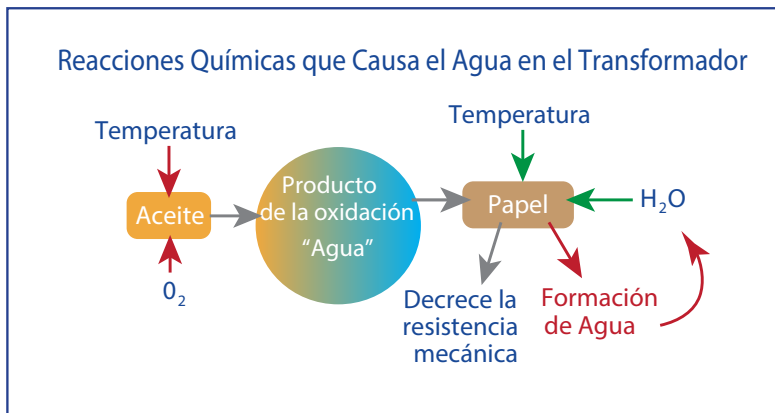


Figura 2

El aceite puede ser reciclado y reemplazado, pero el cambio de papel implicará un costoso proceso de rebobinado.

El uso de sílica gel, tanques sellados y colchón de nitrógeno, sólo ayuda a prevenir la entrada de la humedad existente en el medio ambiente. Sin embargo, cuando el transformador es energizado, la producción de agua dentro del transformador es un proceso inevitable, en el transcurso del tiempo, aunque sea en forma mínima. (Ver Fig. 2).

# Las Prácticas Actuales son Costosas e Ineficientes y NO representan una Solución Permanente

Extracción Tradicional de la Humedad de Transformador , en forma On Line (No permanente) y Off Line han sido una solución reactiva.

Opciones para remover la humedad






 Ventajas del método	 DryKeep®	 Deshidratación Portátil	 Deshidratación de Campo	 Secado en Fábrica
Secado del Aceite	✓	✓	✓	✓
Secado del Papel	✓	?	✓	✓
Todo el Trabajo hecho en el sitio	✓	✓	✓	
Los Transformadores se mantienen energizados	✓	✓	✓	
Monitoreo Remoto	✓	✓		
Mejora Otras Características del Aceite	✓	✓		
Previene Generación de Humedad	✓			
Solución Permanente	✓			
Proactivo	✓			
Monitoreo Basado en Condición	✓			
Reporte de Datos y Análisis de Tendencias	✓			
Comunicación vía SCADA	✓			
Control y Acceso Remoto	✓			
Ahorro de Costos y Beneficios Financieros Verificables	✓			
Extiende la Vida Útil del Transformador	✓			
Días Estimados Fuera de Servicio	0	0	1-2	30-45

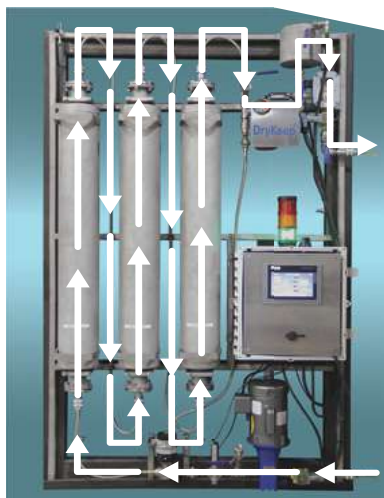
Figura 3

Solo regenerar o filtrar aceite es inefectivo, porque solo el 2 % del total de la humedad del transformador puede ser retirado. Sólo se retira la humedad disuelta en el Aceite.

Por otro lado, secar el aceite y por ende algo de humedad en la celulosa, no logra resolver el daño irreversible en el aislamiento sólido si este ha tenido altos niveles de humedad. Esta "solución" reactiva, requiere mantenimientos frecuentes que implica altos costos. El uso de unidades portátiles, de uso intermitente, representan una solución temporal. Una vez retirada la unidad, la humedad empieza a incrementarse dentro del transformador y volverá a acumularse en el papel continuando el proceso de degradación del mismo.

## LA SOLUCIÓN:

### La instalación de un SMART DryKeep® Sistema para el monitoreo y control de la humedad.



La implementación de un sistema proactivo para el manejo eficiente de la humedad en los transformadores de potencia, ayudará a resolver los problemas mencionados con anterioridad. Adicionalmente, mejorará la confiabilidad y maximizará el ciclo de vida del transformador.

DryKeep® es un sistema para ser instalado en forma permanente, que permite deshidratar el transformador y disminuir el envejecimiento del papel de manera efectiva. Extendiendo la vida útil del transformador de potencia.

DryKeep® utiliza un avanzado material que funciona como un filtro molecular absorbente. Este filtro aun estando saturado de agua, no permite que la humedad regrese al transformador. El sistema no modifica la integridad de los gases disueltos en el fluido aislante. Una pequeña bomba, de desplazamiento positivo, hace circular lentamente el aceite del transformador a través del sistema DryKeep®. El aceite fluye

a través de los cilindros que contienen el filtro molecular, estos remueven la humedad contenida en el aceite. El aceite seco regresa al transformador en forma segura. Este proceso, cambia el equilibrio de la humedad existente entre el papel y el fluido aislante del transformador, permitiendo que mas humedad del papel sea transferida al aceite, que a su vez volverá a ser removida del transformador por el sistema DryKeep®. El aceite es utilizado como un medio de transferencia, DryKeep® absorbe la humedad del papel en forma indirecta, lo cual disminuye el envejecimiento y por tanto extiende la vida útil del transformador.

## BENEFICIOS TÉCNICOS DEL DRYKEEP® :

En diciembre del 2002, expertos del instituto de investigación de energía, SINTEF, uno de los más grandes laboratorios independientes de investigación, no comercial, publicó un estudio soportado por el comité de investigación Noruego, EBL-K y un conjunto de empresas eléctricas Noruegas, titulado: "Envejecimiento del Papel Impregnado de Aceite en Transformadores de Potencia". Los resultados del extenso trabajo confirmaron lo siguiente:

- Se libera humedad durante el envejecimiento de la celulosa.
- La humedad acelera el envejecimiento de la celulosa.
- El proceso se autoacelera.

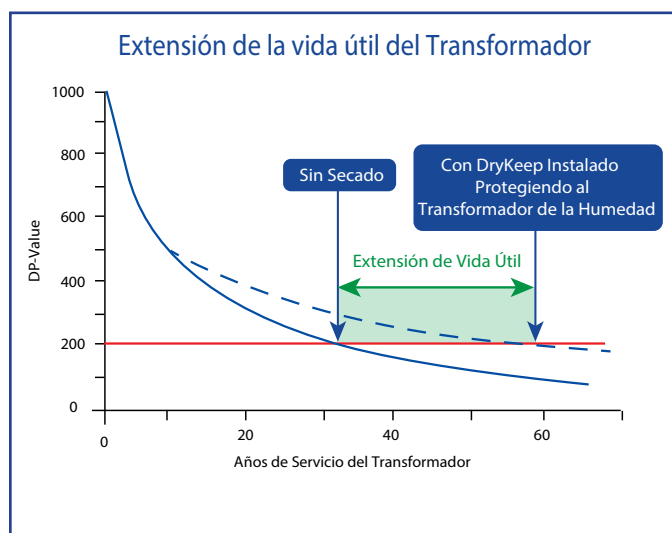


Figura 4

El aislamiento de la celulosa en un transformador nuevo, tiene un grado de polimerización (DP) entre 800 y 1000. Una vez que la celulosa aislante ha alcanzado el grado de polimerización de 200, la celulosa/papel aislante y por ende el transformador, se considera que ha llegado al final de su vida útil. Aplicando la información contenida en los estudios realizados por SINTEF y en el brochure CIGRE 323 "Envejecimiento de la Celulosa en Transformadores con Aceite Mineral", concluyen que al emplear un método de reducción de humedad, la vida útil del transformador se incrementará (Ver Fig. 4)

Según lo observado en la figura 4, no tener sistema de secado en línea, instalado en forma permanente degradará el papel del transformador ( DP = 200) en 35 años.

Instalar un sistema de secado en línea, DryKeep, en forma permanente, a partir del año No 8, podría extender la vida útil del transformador en 25 años.

## BENEFICIOS FINANCIEROS DE DRYKEEP® :

Un sistema DryKeep instalado permanentemente resultará en un servicio financiero sustancial al extender la vida útil de un transformador nuevo o existente. En términos simples, el beneficio financiero mínimo es igual al interés que se podría ganar sobre el gasto diferido (CAPEX), que de otro modo se usaría para reemplazar el transformador con mucha antelación.

### Financiero Mínimo que se obtiene utilizando DryKeep®

Compra Inicial de un Transformador, 80 MVA, 115/13,8 kV.	US\$ 540,000.00
Volumen de Aceite del Transformador.	16,630 liters
Humedad en el aceite, según prueba realizada en laboratorio, Año 8.	22ppms at a top oil temp of 47°C
Humedad Total dentro del transformador.	40 liters
Porcentaje de Humedad, estimada en el papel.	2.5%
Humedad que debe ser removida para llevar al trafo a niveles adecuados	23 liters
Costo de reemplazo del transformador al termino de su vida útil (C) (keep constant for simplicity)	US\$ 540,000.00
Vida útil del Transformador sin DryKeep	35 years
Vida útil máxima del transformador, con Dry Keep, instalado en el año 8	60 years
Años en que podría diferirse la inversión (CAPEX) al haber instalado DryKeep (n)	25 years
Tasa de Interés de la Inversión (IR)	4%
Fórmula del Interés obtenido por Invertir el CAPEX diferido	$C ((1+IR)^n - 1)$
Interés obtenido al invertir el CAPEX por diferir la Inversión $(25 - 1)$	US\$ 899,551.62
<b>Beneficio Financiero Mínimo obtenido por utilizar DryKeep</b>	<b>US\$ 899,551.62</b>

En la tabla anterior, se utiliza un conservador 4% de Interés de retorno de inversión, el monto de la inversión diferida por 25 años, implica un monto de beneficio financiero enorme. El ejemplo supone que el capital financiero diferido, se invierte.

Utilizando los mismos datos, pero con una tasa de retorno del 8%, normal para el sector de servicios públicos en USA, se observa un ahorro, en valor presente, si se considera que el transformador utiliza DryKeep®.

## BENEFICIOS FINANCIEROS DE DRYKEEP® (Cont.):

### Ejemplo, de ahorro neto en costos, utilizando DryKeep®

	Sin DryKeep®	Con DryKeep®
Expectativa de Vida Máxima	35 años	60 años
Costo Inicial del Transformador	US\$ 540,000.00	US\$ 540,000.00
Depreciación Anual	US\$ 15,428.57	US\$ 9,000.00
Valor del Transformador luego de la vida útil (depreciated over full life expectancy)	US\$ 179,813.34	US\$ 111,388.97
Ahorro respecto a la compra Inicial		US\$ 68,424.37
<b>Ahorro neto, usando DryKeep</b>		<b>US \$68,424.37</b>

Cabe resaltar que otros tipos de mantenimiento deben ser realizados de acuerdo a lo indicado en el plan anual y a lo indicado por los resultados de las pruebas DGA. DryKeep remueve la humedad, solo a nivel molecular, lo cual incrementa la rigidez dieléctrica del aceite y la durabilidad del aislamiento sólido (Papel). Incluso al agregar el costo de un sistema DryKeep, el beneficio financiero obtenido por diferir la inversión en un nuevo transformador implicará un ahorro neto y una mejora segura y significativa.

*Cada aplicación es diferente y de hecho, existen muchas otras variables que no han sido consideradas en el ejemplo anterior. Para tener en cuenta otras variables, específicas para su aplicación, DryKeep ha desarrollado una calculadora de beneficios financieros en nuestro sitio de internet. [www.drykeep.com](http://www.drykeep.com) Esto le permitirá calcular su propia proyección de beneficios financieros, cuando se utiliza un sistema DryKeep.*

## APLICACIÓN DEL DRYKEEP® :

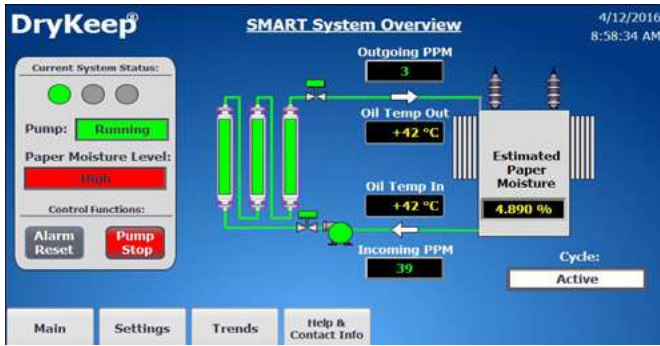
La especificación del DryKeep® en la solicitud de nuevos transformadores, le da al cliente, la facilidad de tener el equipo instalado, por el fabricante del transformador en su propia fábrica, o por el contratista que instala el transformador en la subestación. DryKeep mantendrá el aislamiento de la celulosa y el aceite, con niveles de humedad similares a los que tiene el transformador recién salido de fábrica. Eliminando los efectos adversos de la humedad en el transformador. ( Obviamente, siempre y cuando, otros problemas no afecte al transformador).

Para transformadores que ya se encuentran en servicio, DryKeep® remueve la humedad que el transformador ha acumulado. DryKeep® mantiene la humedad en niveles seguros, previendo daños irreversibles en el aislamiento del papel.



# GESTIÓN DE ACTIVOS CRÍTICOS CON MONITOREO, BASADO EN LA CONDICIÓN.

La unidad DryKeep® es un sistema que gestiona el activo más importante de la subestación, el transformador. Con un monitoreo basado en la condición, se incluyen sensores que miden la humedad y temperatura del aceite convirtiéndolos en datos que un controlador inteligente procesa. El software contiene las isoterma integradas para los dos tipos de aceite, Mineral y FR3 (Envirotemp Insulating Fluid).



## Cada sistema SMART DryKeep® tiene las siguientes características:

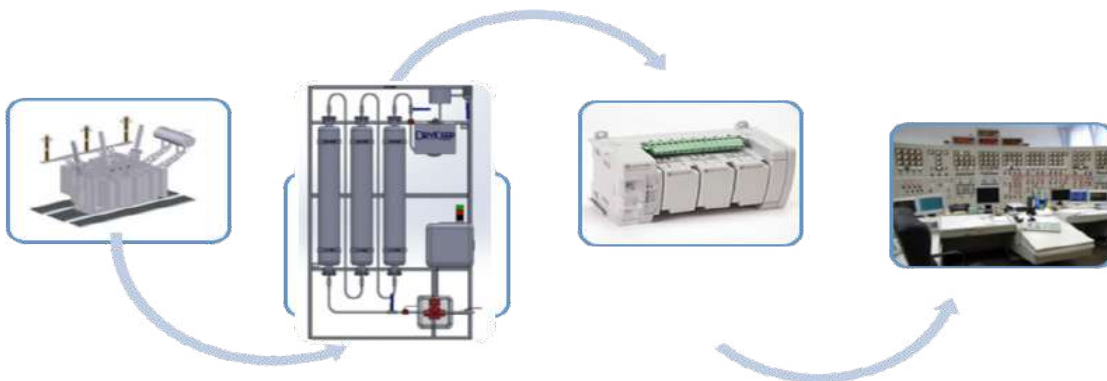
- ✓ Monitoreo y control automático del proceso de deshidratación para prevenir sobre secado.
- ✓ Registro de la humedad y temperatura en el aceite y estimado de la humedad en el papel. Estado del sistema y el registro de eventos, alarmas y lo más importante "Remover toda la Humedad".
- ✓ Permite al usuario, monitorear en forma remota, el contenido de humedad y la temperatura del líquido aislante. En tiempo real y sin requerir tomas de muestras de aceite.
- ✓ Proporciona en tiempo real, un monitoreo basado en la condición y los datos necesarios para efectivamente gestionar la humedad en el transformador.

DryKeep Data Log									
Date / Timestamp	Inlet PPM (Raw)	Outlet PPM (Raw)	Inlet Temp (Raw)	Estimated Percent Moisture (Raw)	Inlet PPM (Avg)	Outlet PPM (Avg)	Inlet Temp (Avg)	Estimated Percent Moisture (Avg)	Cycle Status
11/2/2017 21:05	23	5	29	5.315	23	5	29	5.315	Active Too
11/2/2017 21:05	23	4	29	5.315	23	4	29	5.315	Active Too
11/2/2017 21:05	23	3	29	5.315	23	3	29	5.315	Active Too
11/2/2017 21:06	23	4	29	5.315	23	4	29	5.315	Active Too
11/2/2017 21:07	23	4	29	5.315	23	4	29	5.315	Active Too
11/2/2017 21:07	22	3	29	5.156	22	3	29	5.156	Active Too
11/2/2017 21:07	22	4	29	5.156	22	4	29	5.156	Active Too

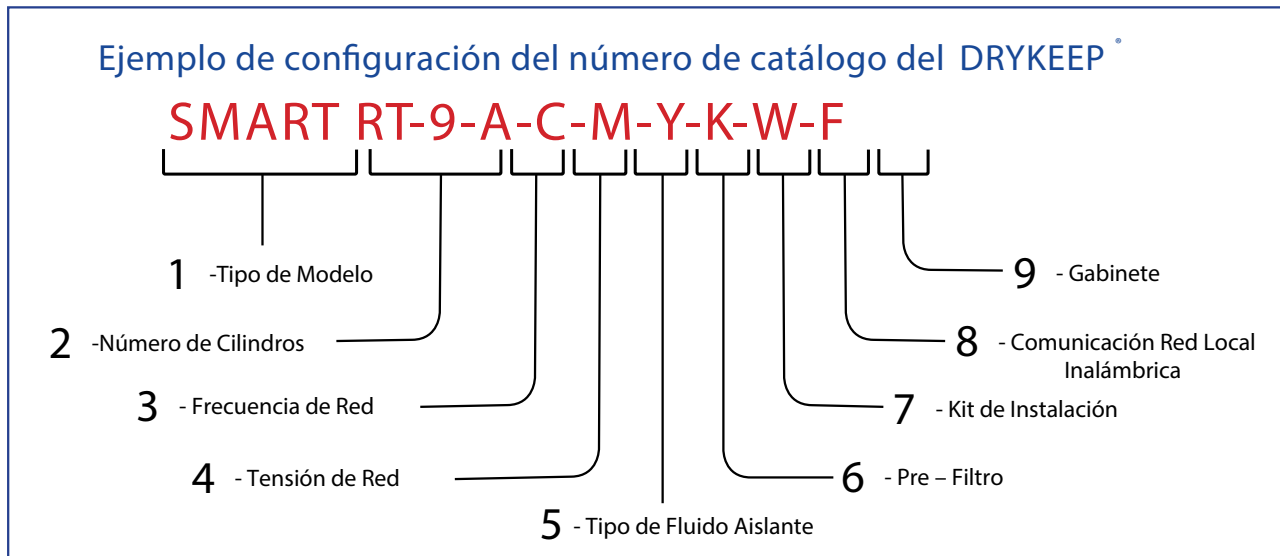
Un RTU, incluido en el equipo, provee un acceso remoto para los datos almacenados y los datos obtenidos en tiempo real, alarmas y un control total del sistema. Vía Celular, Ethernet, fibra óptica o una red local inalámbrica.

Todos los DryKeep, vienen listos, para ser conectado a un SCADA, con Protocolos:

- DNP 3.0 Esclavo, MODBUS RTU/TCP/ASCII RTU
- Puertos Ethernet RJ45 / Convertidores RJ45
- Convertidores de Fibra Optica, multimodo, 62.5/125 Micro metros.



# Como ordenar un Sistema DryKeep®



- |   |  |
|---|--|
| <p><b>1</b> SMART: listo para SCADA<br/>En Blanco, implica, unidad básica de secado DryKeep</p>                               | <p><b>6</b> X: Sin Filtro antes de la Bomba<br/>Y: Filtro antes de la Bomba</p>  |
| <p><b>2</b> RT-9: tres cilindros, transformadores mayores a 10 MVA<br/>RT-3: 1 cilindro, transformadores menores a 10 MVA</p> | <p><b>7</b> X: Sin Kit de Instalación<br/>K: Kit de Instalación</p>  |
| <p><b>3</b> A: 60Hz<br/>B: 50Hz</p>   | <p><b>8</b> X: Sin comunicación WLAN<br/>W: Con comunicación WLAN</p>  |
| <p><b>4</b> A: 110 Voltios<br/>B: 220 Voltios<br/>C: 115 Voltios<br/>D: 230 Voltios</p>                                       | <p><b>9</b> X: Montado en Bastidor<br/>E: Bastidor montado en Gabinete<br/>C: Bastidor Montado en Gabinete con control de ambiente<br/>U: Bastidor Montado en Gabinete con Batería de Respaldo de 24 VDC<br/>F: Bastidor montado en gabinete con control de ambiente y batería de respaldo, 24 VDC</p> |
| <p><b>5</b> M: Aceite Mineral<br/>F: Envirotemp FR3</p>   |  |

## DryKeep® EJEMPLO DE MODELO

### CATÁLOGO NÚMERO:

SMART RT-9-A-B-M-Y-K-W-I

Equipo DryKeep, con Sistema de monitoreo basado en la condición, tres cilindros, 60 Hz, 220 Voltios, para ser usado con aceite mineral, con filtro antes de la bomba, Kit de instalación, comunicación WLAN y batería de respaldo con control ambiental.



# Especificación SMART DryKeep<sup>®</sup>

Aplicación:	Para todo tipo de transformadores y reactores, con aceite mineral o fluido aislante FR3, fluido natural tipo Ester.
Estándares Internacionales:	Cumple en su totalidad con el Estándar ANSI IEEE C57-140-2006, sección 7.2
Lugar de Fabricación:	Hecho en USA.
Control de Calidad:	ISO 9001
Instalación:	Montaje Directo, anexo al transformador o en Gabinete Cerrado.
Afecta el contenido de gases disueltos en el aceite:	No.
Remoción de inhibidores de aceite:	No.
Perturbación del control del nitrógeno:	No.
Prevención del sobre secado del papel:	Sí, control automático.
Fuente de Alimentación:	Monofásica, 110/115/220/230, 50/60 Hz.
Requerimiento del sistema:	6,5 Amperios a 115 Voltios, 60 Hz con Control climático, 13. 5 amperios. 3.8 Amperios a 220 Voltios, 60 Hz, 7.3 Amperios con control climático.
Bomba/Motor:	Luego de 50/60 Hz, Especial para trabajar con fluidos aceitosos.
Material del Bastidor:	Acero Inoxidable 304.
Material del Hardware:	Todas las tuercas, tornillos, arandelas y terminales de las mangueras son fabricadas en acero inoxidable.
Válvulas Manuales:	½", 1000 PSI, de acero inoxidable, tipo bola para la entrada y salida del aceite al sistema.
Indicador de Flujo:	Cuerpo de acero inoxidable, bloqueo automático contra fugas.
Cilindros de Remoción de Humedad:	Acero inoxidable 304, regenerables con la cantidad precisa del mismo compuesto poroso, Aluminio-silicato cristalino, en forma de granos, con acoples rápidos y válvulas de bola para un fácil acople o desacople de los cilindros.
Empacadura de los cilindros:	Compuesto de corcho TD 1049, con goma de Nitrilo, adecuado para aceite mineral o siliconado de acuerdo con ASTM D3455.
Sistema de Mangueras:	Fabricadas con un núcleo que disipa la estática, trenzadas con acero inoxidable 304.
Desaireador:	Fabricado en acero inoxidable con válvula de ¼" de acero inoxidable tipo bola.
Pantalla Integrada:	De 7 pulgadas, a color, Touch Screen, sistema con 12 Mb de memoria, suficiente para respaldo de datos de 6 semanas. Dos tarjetas SD de 2 Gb.
Interfaz Hombre Máquina, HMI:	Estado del Sistema y la bomba, Alarmas, Entrada y Salida de la Temperatura y los PPM de Humedad del aceite, Humedad Estimada en la celulosa del transformador, ajuste del sistema y datos de tendencia.
Data Logging:	Valor actual y promedio de los PPM de humedad en el aceite, en la entrada y salida del sistema, porcentaje estimado de humedad en el papel, alarmas y el total de humedad removida.
Sensores:	Dos sensores permanentes, para la medición de la humedad en el aceite, PPM, y la temperatura. En conformidad con el estándar EMC EN61326-1
Control Remoto y Comunicaciones:	Monitoreo y configuración remota de todo el proceso, vía LAN por medio del puerto RJ 45. Convertidor fibra multimodo para monitoreo y configuración. VPN sobre el celular para acceso remoto y control, de acuerdo con IEEE 802.11.
Listo para SCADA:	Protocolos DNP 3.0 esclavo y MODBUS RTU/TCP/ASCII/RTU. Ethernet RJ45 y convertidor para fibra óptica multimodo para conexión directa. IEEE 802.11 para acceso remoto vía inalámbrica.
Alarmas del Sistema:	Localmente, por medio de un indicador lumínico o remotamente vía inalámbrica.
Licencia del servidor para conexiones remotas:	Incluido, sin costo.
Filtro de partículas:	1 micrón, con indicador visual de estado
Tomas de Secado:	Sí, localmente. Existen disponibles Kits de regeneración.
Posibilidad de regenerar los cilindros de secado:	Localmente con la disponibilidad de Kits para regenerarlos.

# DryKeep® Componentes del Sistema



- 1 Válvula desaireadora
- 2 Manguera para la purga de aire
- 3 Tanque desaireador
- 4 Medidor de Flujo de Aceite
- 5 Válvula solenoide de Seguridad
- 6 Válvula manual de salida
- 7 Sensor de Salida del sistema para medición de la humedad y la temperatura.
- 8 Punto de toma de muestras de aceite.
- 9 Filtro de partículas de 1 micrón
- 10 Acopladores Rápidos
- 11 Cilindros de Secado
- 12 Lámpara Indicadora de estado
- 13 Antena de celular para RTU
- 14 Punto de acceso para Red Inalámbrica
- 15 Display sistema SMART
- 16 Interfaz RJ45 para sistema SMART
- 17 Válvula By Pass, para evitar sobre secado de la celulosa
- 18 Sensor de Entrada del sistema para medición de la humedad y temperatura del aceite.
- 19 Punto de toma de muestras de aceite.
- 20 Bomba/motor
- 21 Solenoide de seguridad, en la entrada de aceite del sistema. Se cierra ante cualquier fuga
- 22 Válvula manual de entrada.

## Accesorios opcionales



**Filtro antes de la bomba :** Acero Inoxidable 316, tipo derivación Y, con By Pass e indicador By Pass



### Kit de Instalación:

Diseñado para cada transformador, incluyendo dos tuberías fabricadas con un núcleo que disipa la estática, trenzado con acero inoxidable 304. Mangueras PTFE en acuerdo con el estándar SAE 100R14B y todo el hardware necesario para las conexiones de las mangueras de entrada y salida.

### Kit para regenerar cilindro saturado de humedad:

Cantidad precisa de absorbente, en granos. Capaz de absorber entre 3 y hasta 4,2 litros de agua por cilindro. Empacaduras de compuesto de corcho con goma de nitrilo adecuadas para trabajar con aceite mineral o siliconado, llave de ajuste.



### Cilindros de repuesto:

Nuevos, no usados, para todos los modelos de DryKeep con capacidad de absorber entre 3 y 4.2 litros de humedad.



### Punto de acceso WLAN

Con dos antenas internas (MIMO) WLAN 802.11 a,b,g,n frecuencia 2,4 Ghz, 5 Ghz.

### Gabinete:

Nema 4, doble puertas, Ventanas de Visualización, color gris, ANSI 61



### Paquete de control ambiental:

Dos calentadores de 1300 vatios, montados dentro del gabinete.

### Sistema de Baterías de respaldo:

Baterías de respaldo de 24 VDC para sistema UPS, que opera luego de una pérdida de alimentación AC.

