



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
★ C H I L E ★



**Luis Alberto Tilleria, CMRP**  
Jefe de Mantenimiento – Schlumberger SPM Shaya

# **SISTEMA DE GESTION SAMREMMS**

**EL FUTURO EN LOS SERVICIOS PETROLEROS**



# ASSET MANAGEMENT RELIABILITY ENGINEERING MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM



## Barreras para la Implementación de la Estrategia





# Alcance de 55001

## Contexto organizacional (CI 4)

Requisitos / expectativas de los interesados (¿qué es lo que QUIEREN que hagamos?)

Problemas que afectan la capacidad de las empresas para lograr los resultados previstos (¿Qué tenemos la capacidad de hacer?)

## Liderazgo (CI 5)

- Liderazgo y compromiso con AM
- Política AM (intención)
- Responsabilidades / autoridades asignadas y comunicadas
- Alineación con objetivos
- corporativos y estratégicos

## Planificación (CI 6)

- Establecer los objetivos corporativos / estratégicos
- Planes y objetivos que convierten los resultados estratégicos en acciones comerciales y tácticas en todos los niveles
- Identifica y aborda el riesgo
- Comunicación y compromiso

## Operaciones (CI 8)

- Controle el proceso para entregar resultados específicos en todas las funciones (entrega de servicios, mantenimiento, entrega de capital)
- Considere cómo se controlan e integran las actividades de outsourcing.

## Soporte (CI 7)

- Proporcionar recursos (habilidades, TI, \$)
- Mantener o capacidad (competencia)

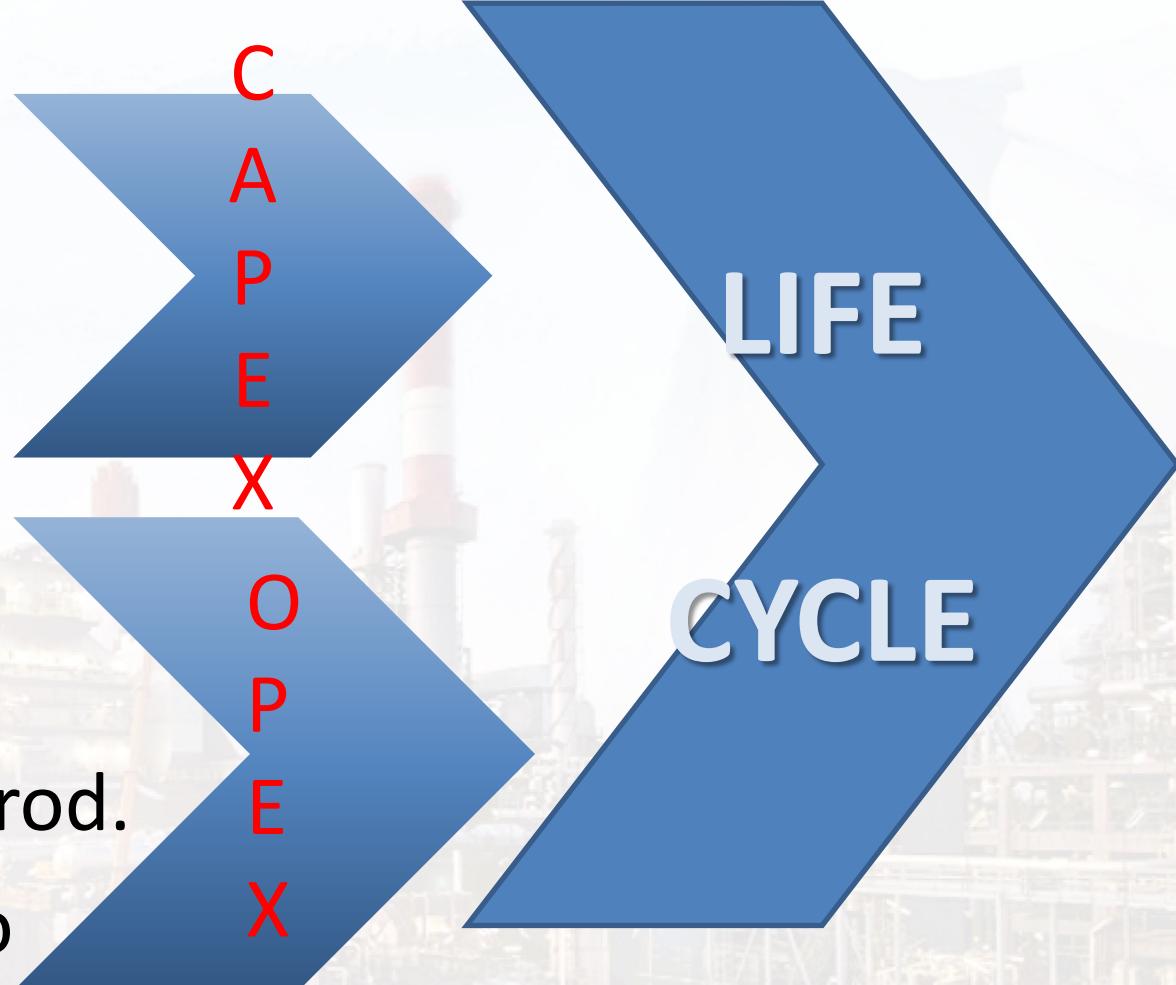
## Rendimiento (CI 9)

- Monitoreo, medición, análisis y evaluación

## Mejora (CI 10)

- Idoneidad, adecuación y efectividad de AMS

- HSE
- Facilidades
- Ingeniería
- Construcciones
- Operaciones
- Producción
- Ingeniería de prod.
- Mantenimiento





# Objetivos plan estratégico de Gestión de Activos, Mantenimiento e Ingeniería de Confiabilidad

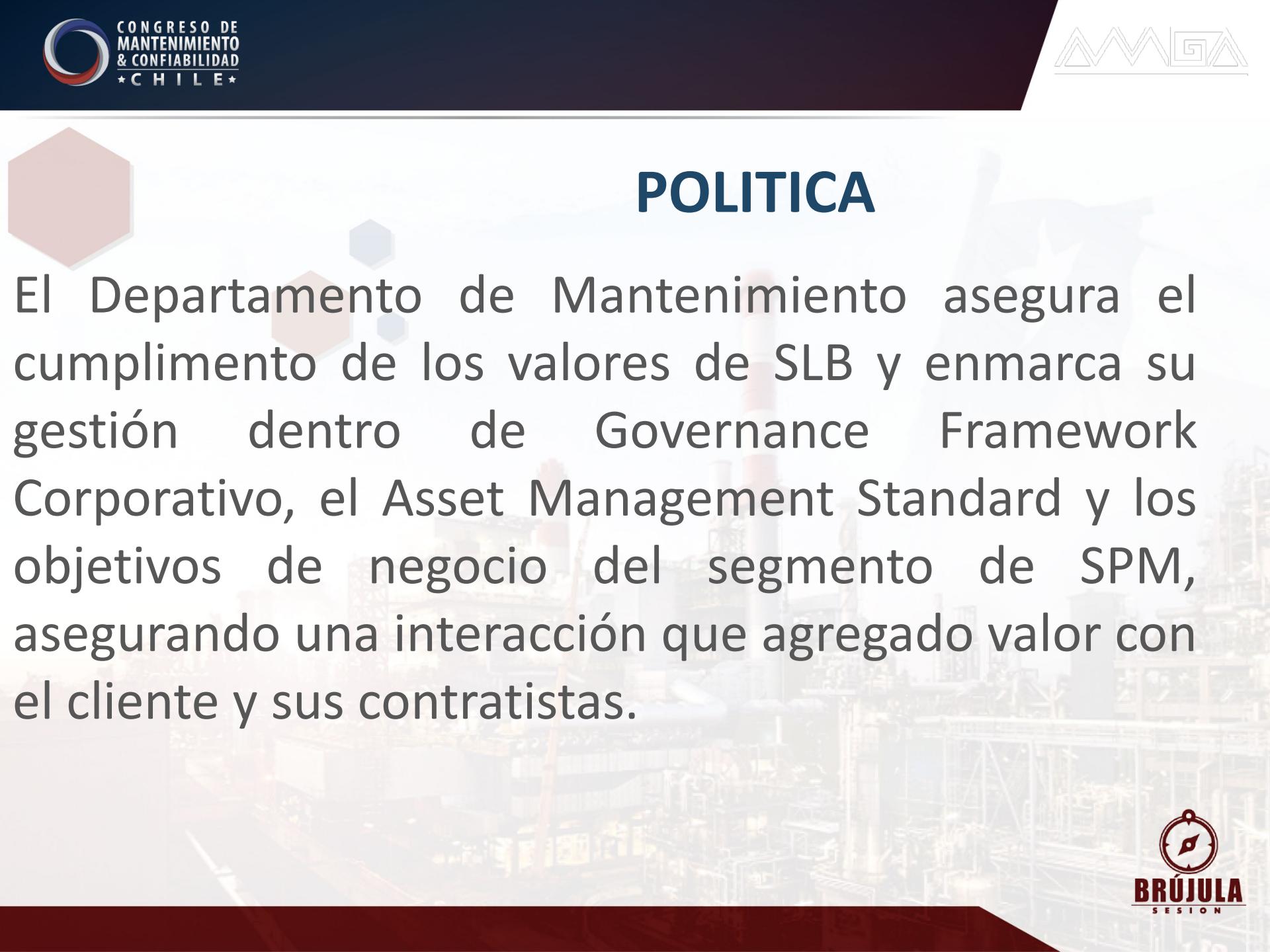
- **Vocabulario común.**
- **Alcance del Sistema.**
- **Lineamientos, principios y objetivos que a la compañía.**
- **Definir las Iniciativas Estratégicas para alcanzar los objetivos definidos.**
- **Estandarizar los enfoques y metodologías de trabajo utilizados.**
- **Definir los roles y responsabilidades principales.**

# Contenidos de plan estratégico

- Política
- Declaraciones de política
- Objetivos estratégicos
- Alineamiento con objetivos corporativos
  - Financieros
  - Stakeholders
  - Procesos
  - Aprendizaje
- Liderazgo y compromiso
- Procesos de liderazgo y toma de decisiones
- Roles organizacionales, responsabilidades
- Iniciativas estratégicas
- Matriz comunicaciones
- Presupuesto y retorno de inversión



## POLITICA



El Departamento de Mantenimiento asegura el cumplimiento de los valores de SLB y enmarca su gestión dentro de Governance Framework Corporativo, el Asset Management Standard y los objetivos de negocio del segmento de SPM, asegurando una interacción que agregado valor con el cliente y sus contratistas.

## MISION

Brindar apoyo a la operación a tiempo, con asesoramiento técnico de calidad y costo efectivo, a corto y largo plazo en planes operativos, asegurando el aumento de actividades proactivas con metodologías de Gestión de Mantenimiento e Ingeniería de Confiabilidad con el objetivo de aumentar la disponibilidad, la confiabilidad y la rentabilidad, garantizando operaciones seguras para el personal y el medio ambiente, con un alto compromiso de todos los miembros del equipo para el beneficio mutuo SPM y el cliente

# VISION



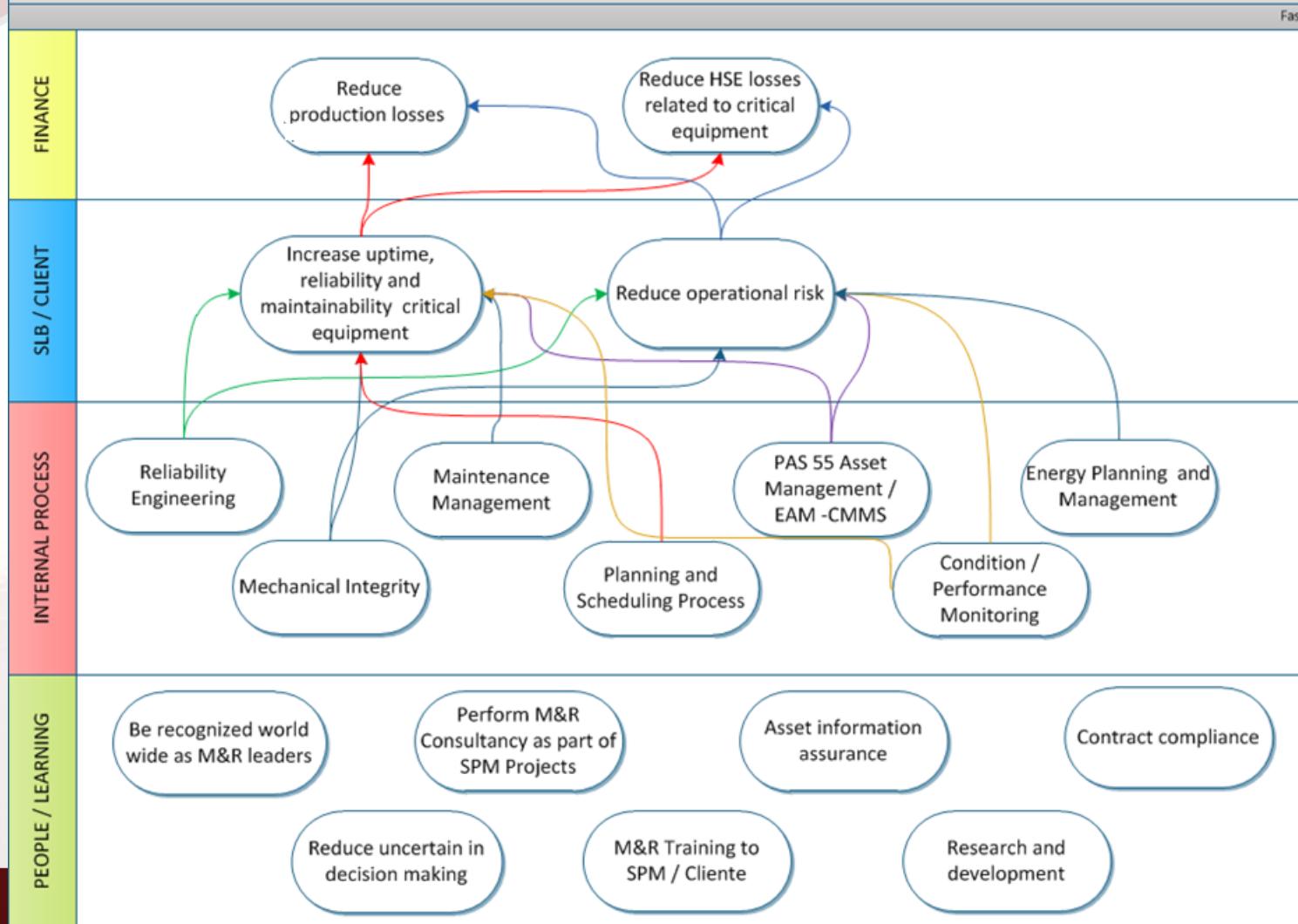
Posicionar las operaciones de SPM como una referencia mundial en la Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad, haciendo que nuestros campos sean los más seguros, eficientes y confiables dentro de la industria del petróleo y el gas.

# VALORES

- Pasión
- Coherencia
- Integración
- Stakeholders
- QHSE

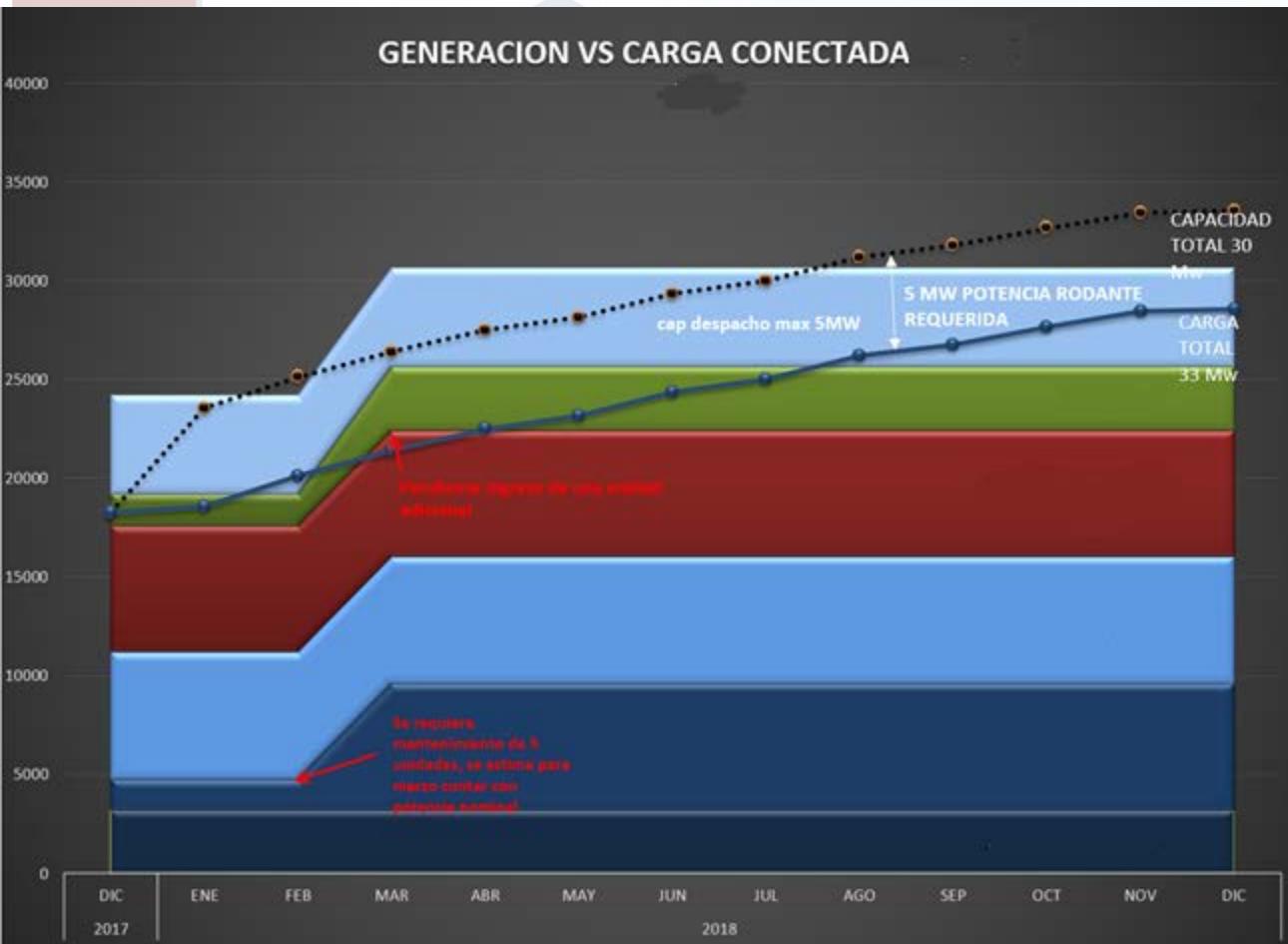
# OBJETIVOS ESTRATEGICOS

## MAINTENANCE AND RELIABILITY STRATEGIC MAP – MRSM





# PLANIFICACION ENERGETICA

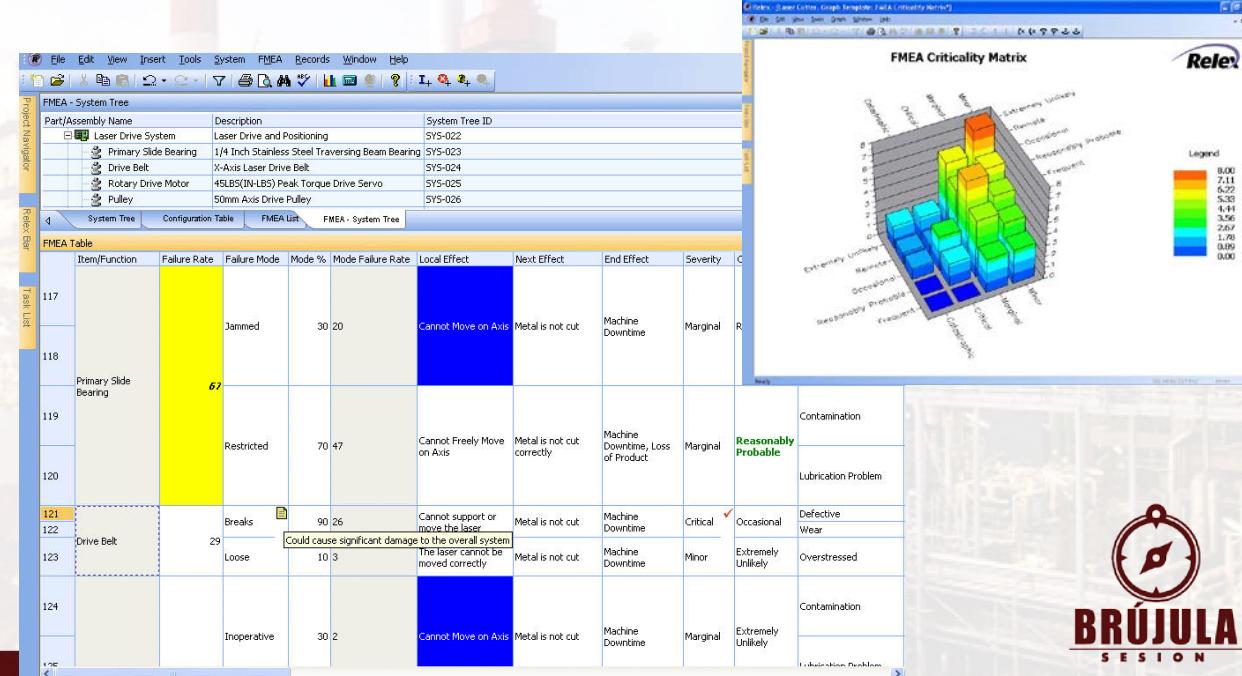


- Proyección de requerimientos energéticos
  - Soporte en aseguramiento de capacidad energética
  - Asesoría en distribución óptima de generación y modos de operación

| Sistema | Demanda MW | Potencia disponible MW |
|---------|------------|------------------------|
| CENTRAL | 18.560     | 30.640                 |
| AISLADO | 7.564      | 16.521                 |

# Ingeniería de Confiabilidad

- Soportar el análisis de Informes de Fallas y el Sistema de Acción Correctiva (FRACAS) y el Análisis de Fallas de Causas Raíces (RCFA)
- Consultoría en implementación y mejora de Ingeniería de Confiabilidad (RAM)
- Establecer escenarios de riesgos operacionales potenciales, utilizando cálculos estocásticos con metodologías establecidas en períodos determinados.
- Recomendaciones de modos de operación y diseño de sistemas y activos basados en metodologías de ingeniería de confiabilidad
- Generar planes operacionales de contingencia

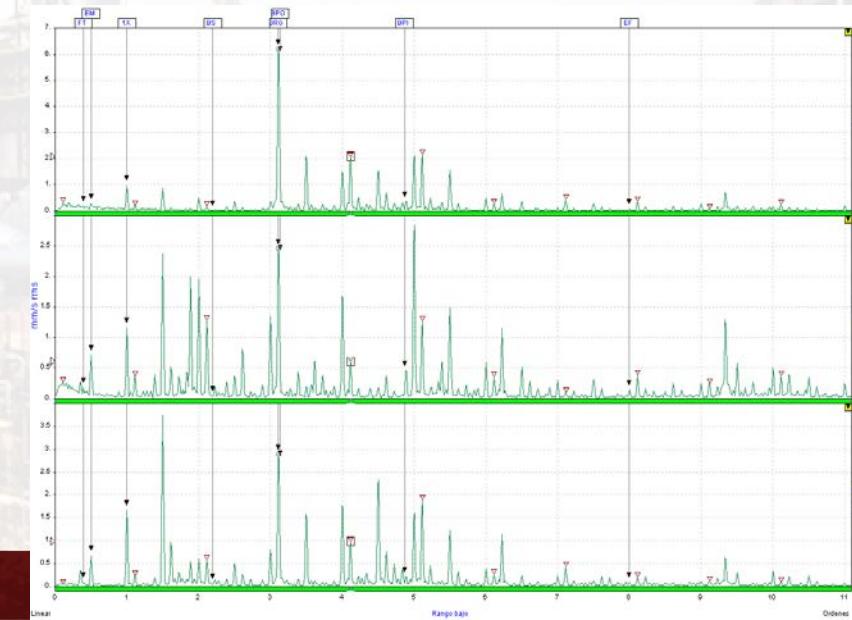
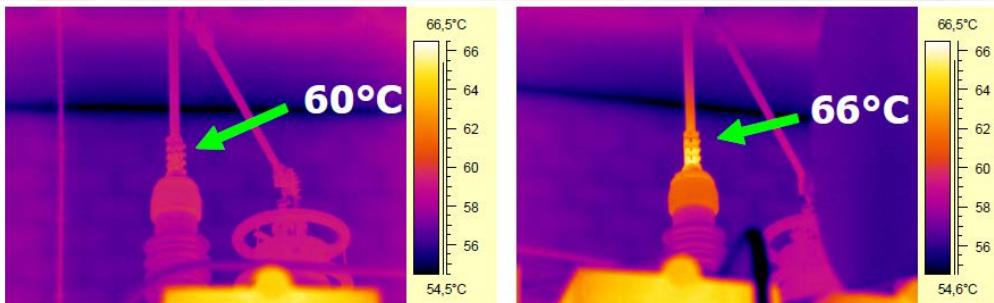
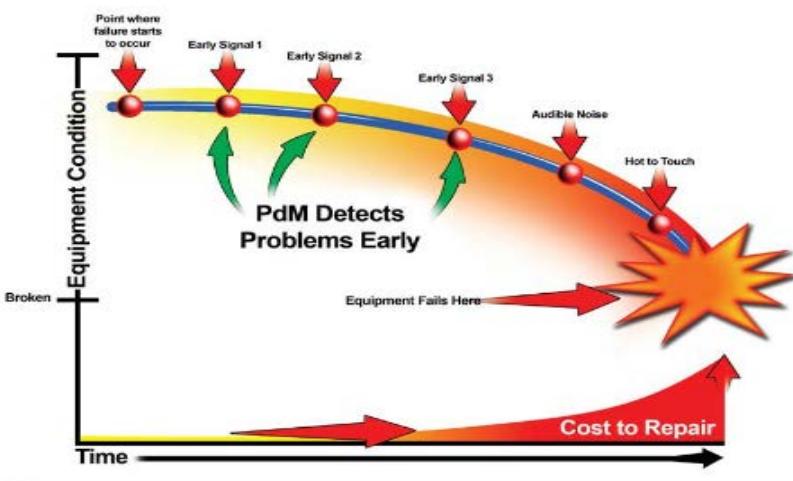


# Gestión de Mantenimiento

- Realizar análisis de criticidad de sistemas y activos
- Explotar la funcionalidad de MAXIMO de Enterprise Asset Management (EAM) de acuerdo con el análisis de brechas.
- Impulsar la estrategia de mantenimiento del cliente
- EAM - Depuración de taxonomía CMMS
- Cálculo, monitoreo y generación de planes recomendados basados en KPI de MNT basados en prácticas de SMRP para activos de clientes y SPM.
- Realice la PMO de optimización de mantenimiento planificado de activos críticos.
- Optimizar los costos de mantenimiento
- Diseño de planes de mantenimiento para nuevos equipos críticos basados en FMECA RCM
- Soporte para el cálculo del stock de piezas críticas utilizando metodologías de ingeniería de confiabilidad.
- Planificación de cierres de planta, cambios y mantenimiento mayor
- Soporte en resolución de problemas y reparación de fallas

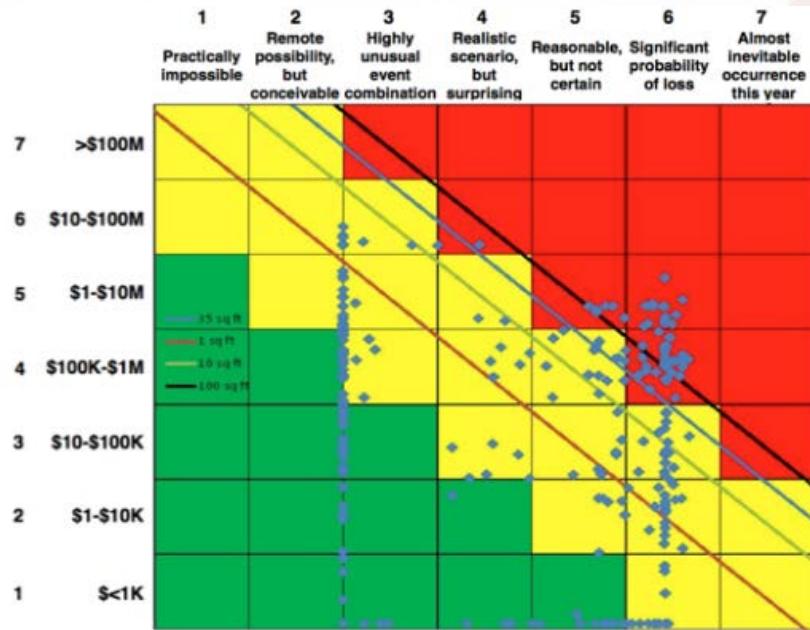
# Monitoreo de Condición y Performance

- Soporte con análisis de condición de activos y monitoreo de desempeño a las técnicas y análisis de mantenimiento predictivo



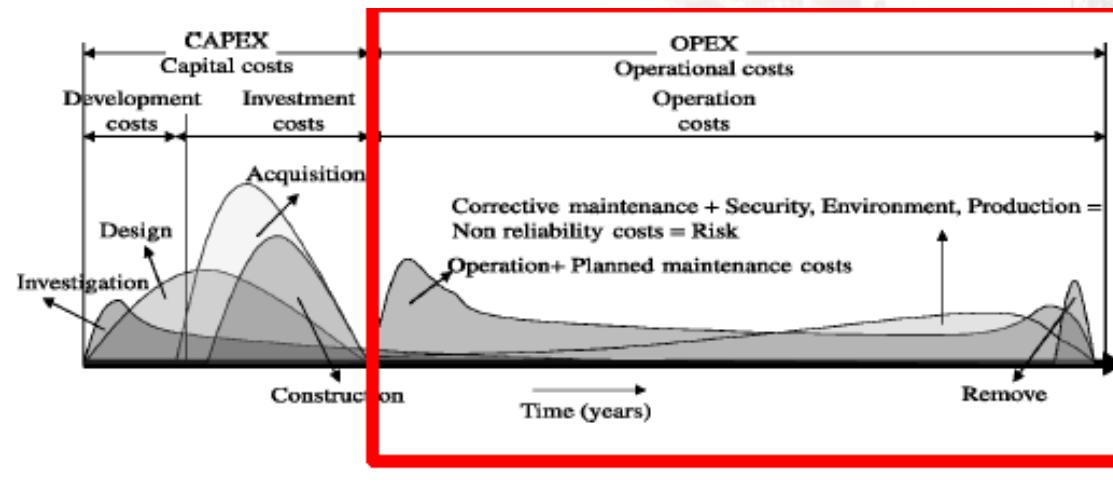
# Integridad mecánica

- Diseño de planes de inspección utilizando Inspecciones Basadas en Riesgos (RBI) e Integridad de Gestión de Tuberías (PMI)
- Soportar la evaluación directa de corrosión interna ICDA y el asistente directo de corrosión externa EDCA
- Pruebas no destructivas
- Impulse el control de la corrosión



# Gestión de Activos PAS55/ISO55K

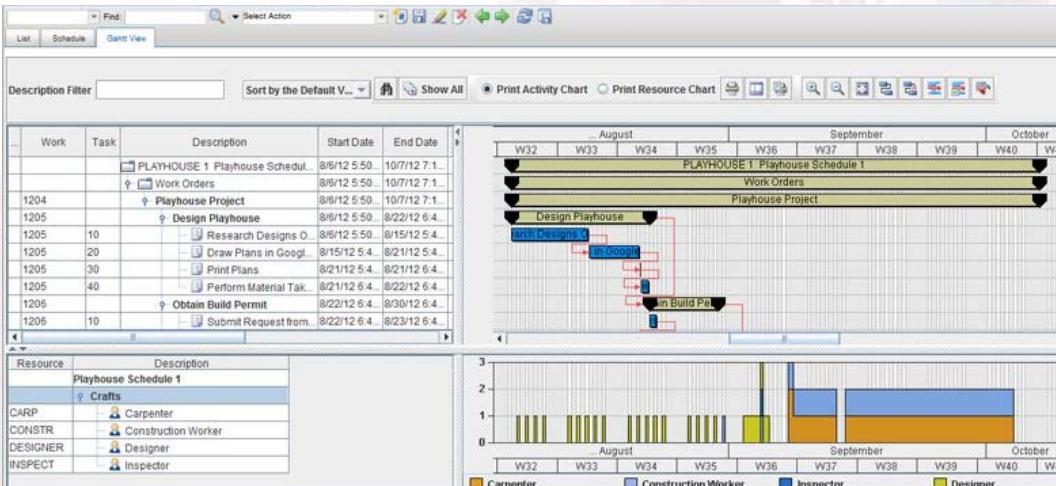
- Implementación PAS 55 a SLB y activos al cliente
  - Soportar la mejora del EAM-CMMS para Asset Management
  - Realizar auditorías de gestión EAM-CMMS, calidad de ejecución del trabajo, excelente matriz de mantenimiento, gestión según PAS 55 a clientes
  - Asesorar sobre la toma de decisiones basada en el Análisis del costo del ciclo de vida (LCCA) en proyectos de inversión y reemplazo de activos.



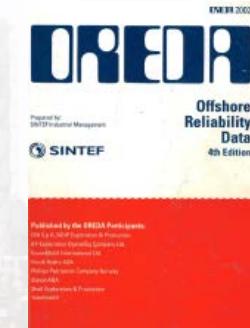
**NOTE** Figure 6 is adapted from PAS 99-200

# Planificación y programación

- Implementar proceso de P&P.
- Asesorar en proceso de P&P



BRITISH STANDARD  
Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment

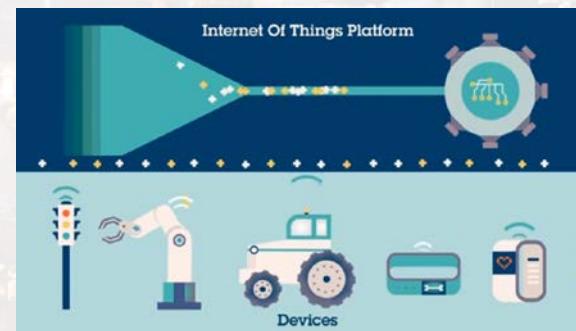


IBM®  
maximo®

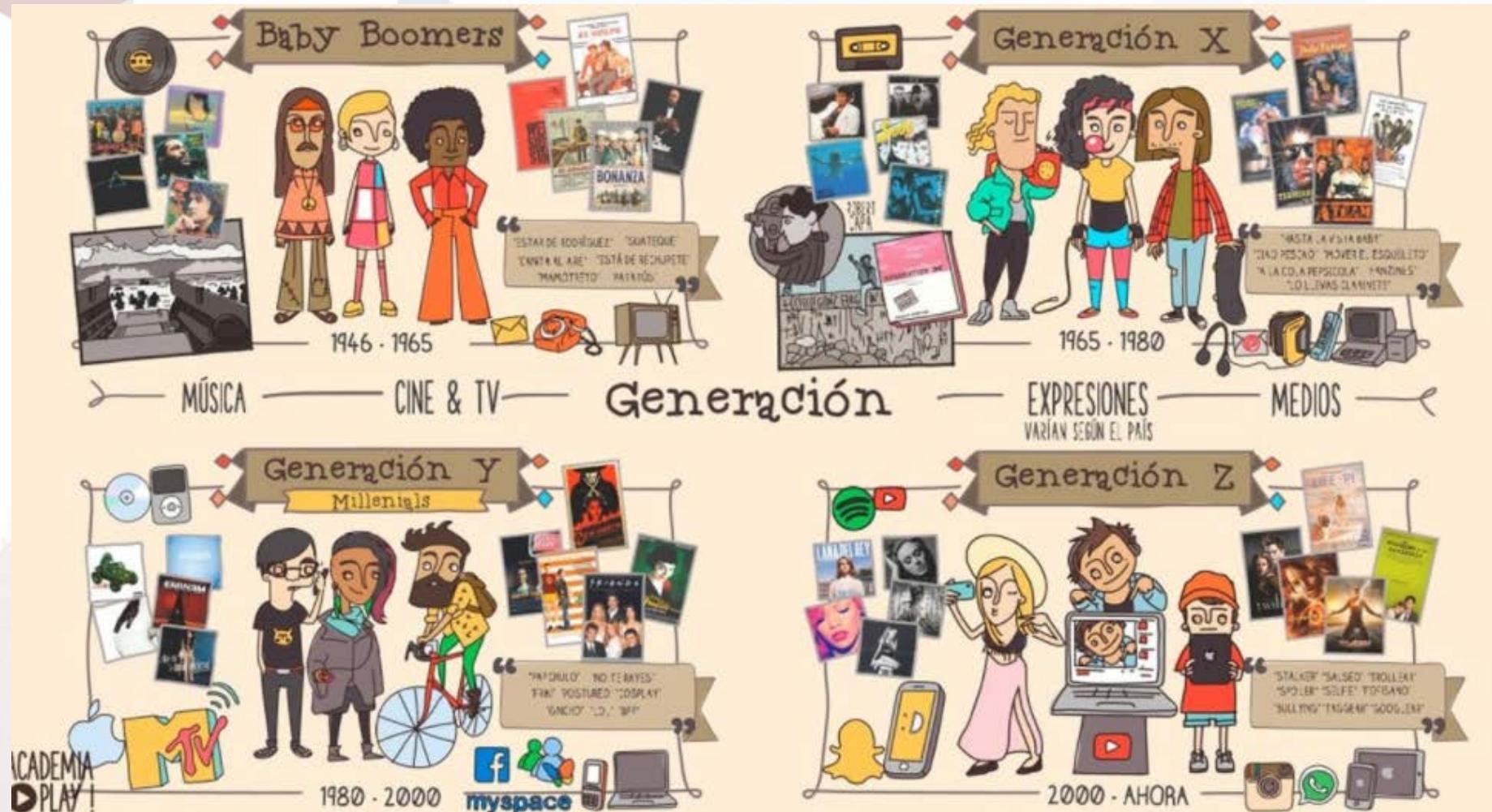
SAP®  
PM



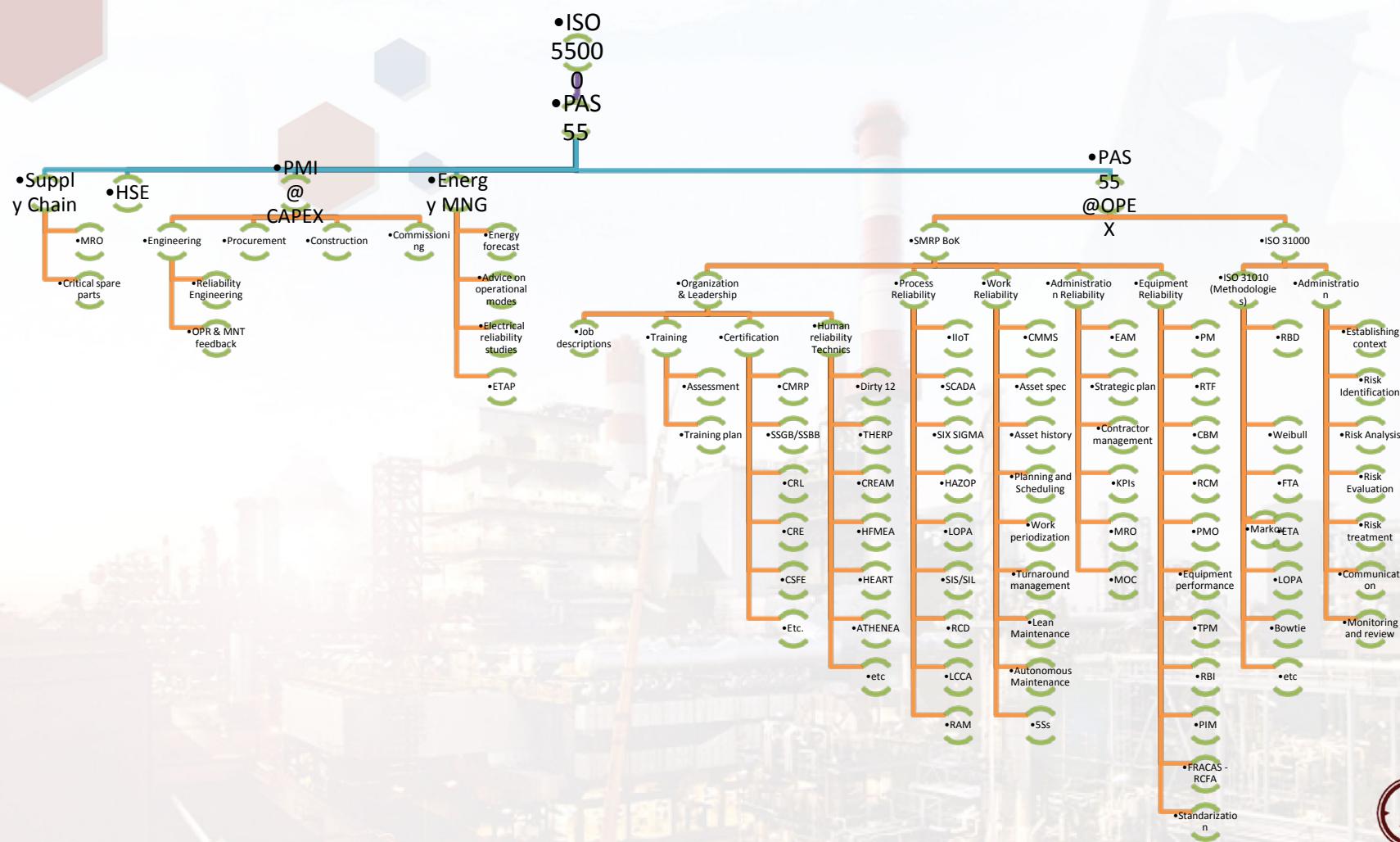
# Sistemas SCADA, IIOT Industrial Internet of Things

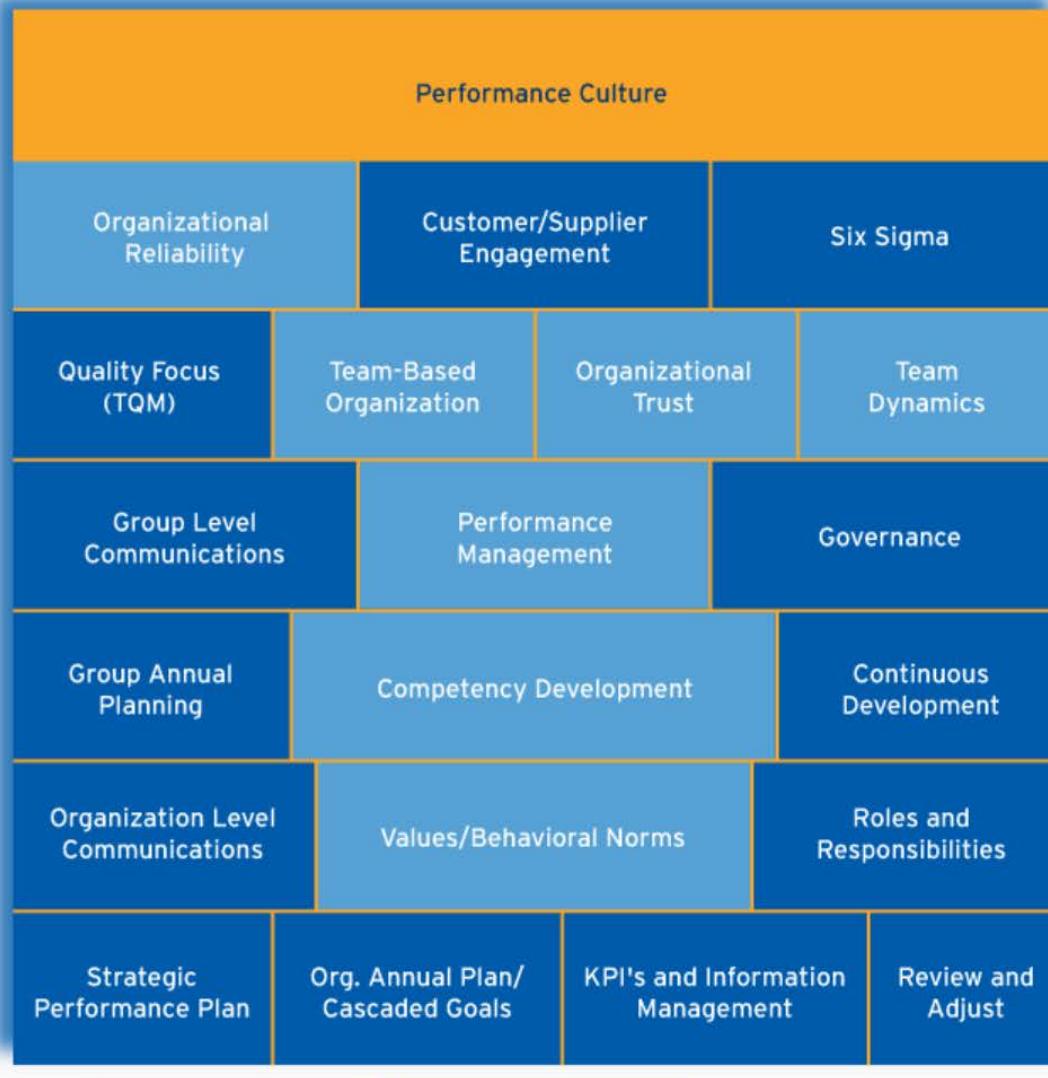


# Human Factors



# FILOSOFIA DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD DE ACORDE A PAS 55 Y POM





STAGE 5  
Performance Culture

STAGE 4  
Advanced Practices

STAGE 3  
Team-Based Excellence

STAGE 2  
Optimization

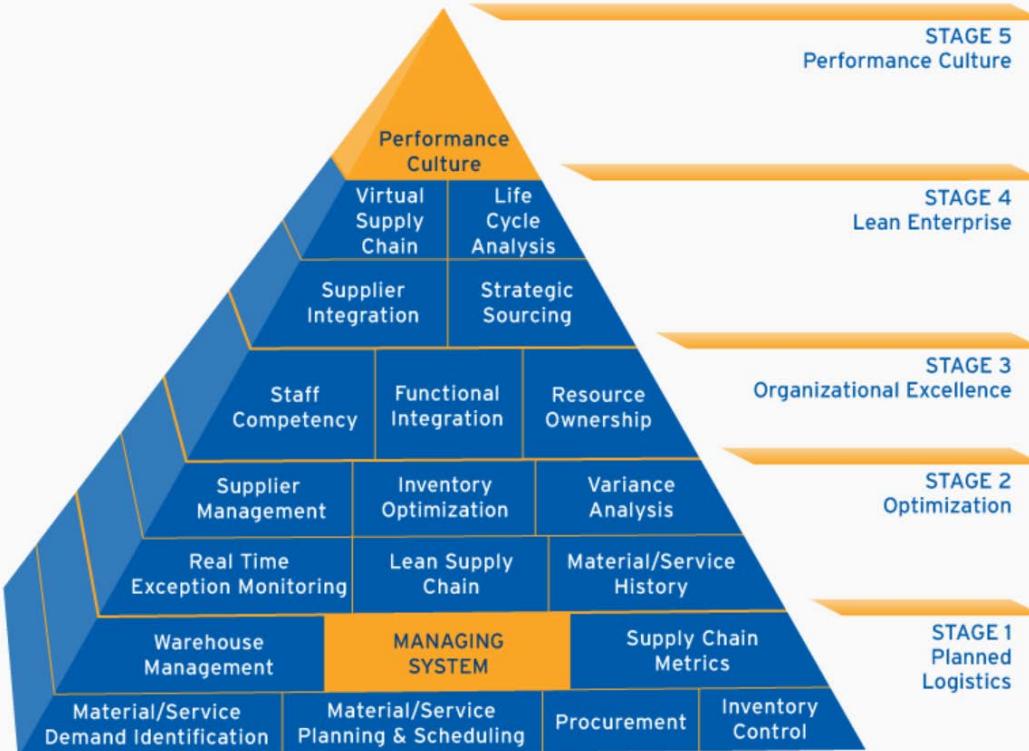
STAGE 1  
Managing System

Managing System

Behavioral Excellence

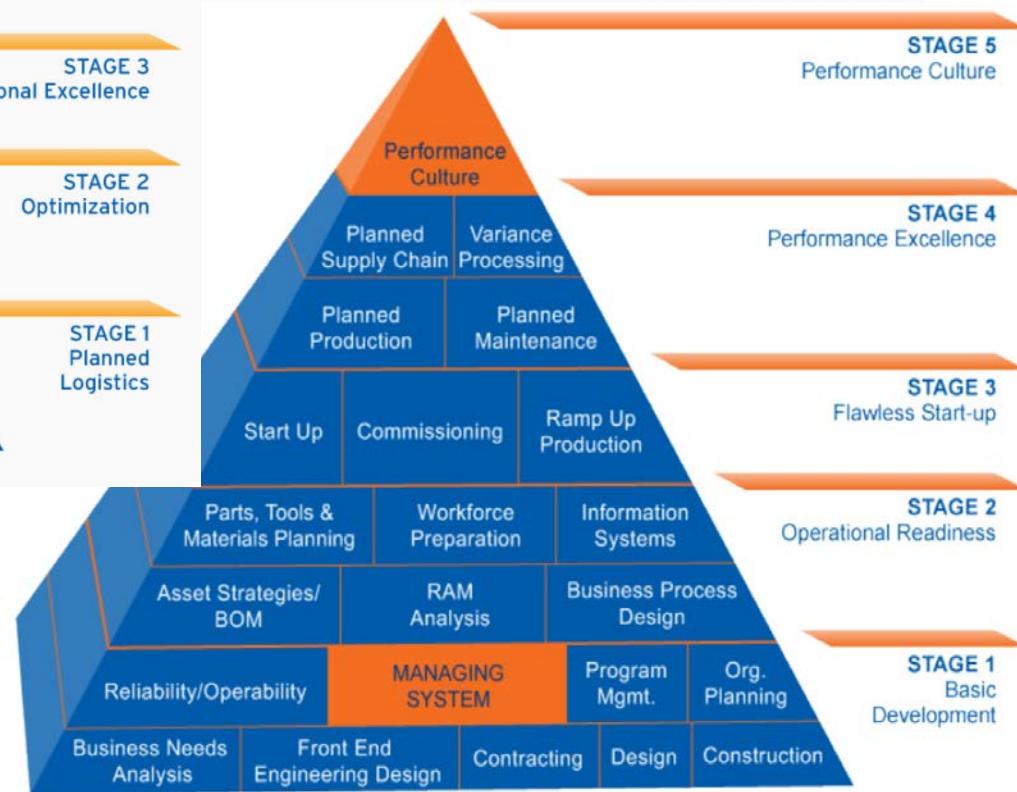
# CREACION DE ACTIVOS

Supply-Chain Model:

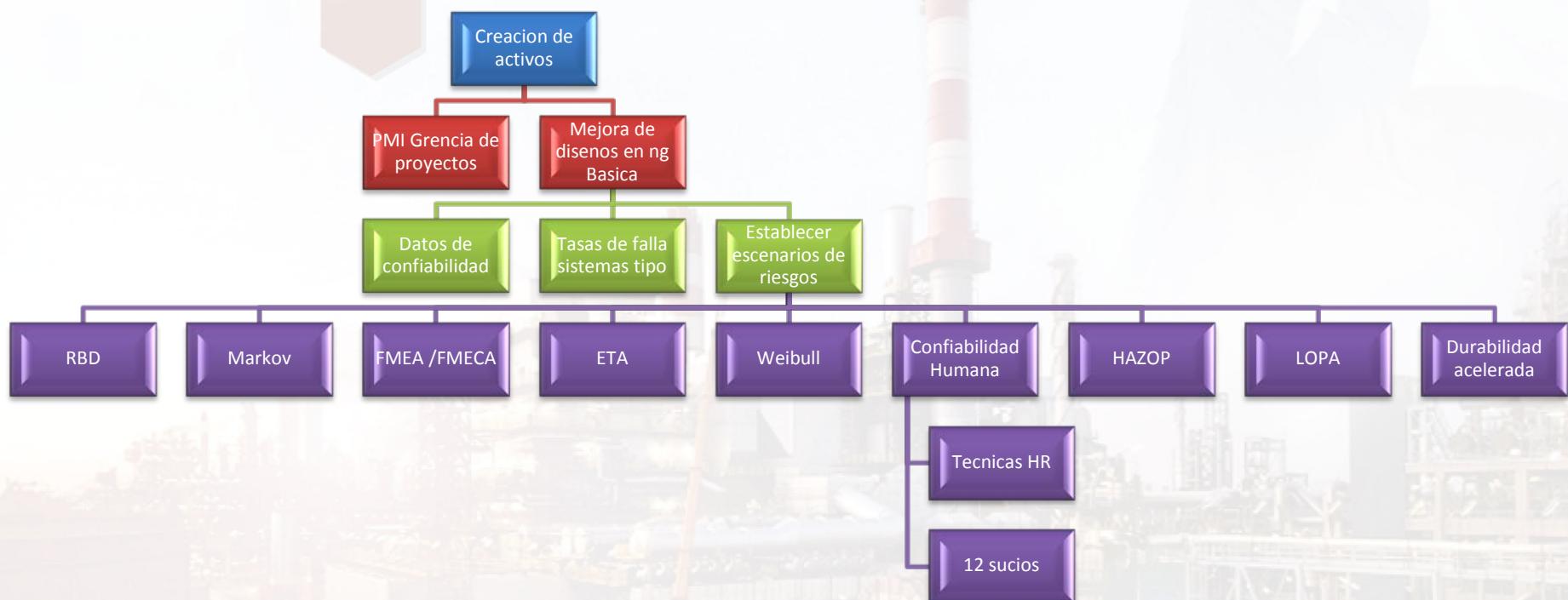


## SUPPLY CHAIN

# PROYECTOS DE INVERSION

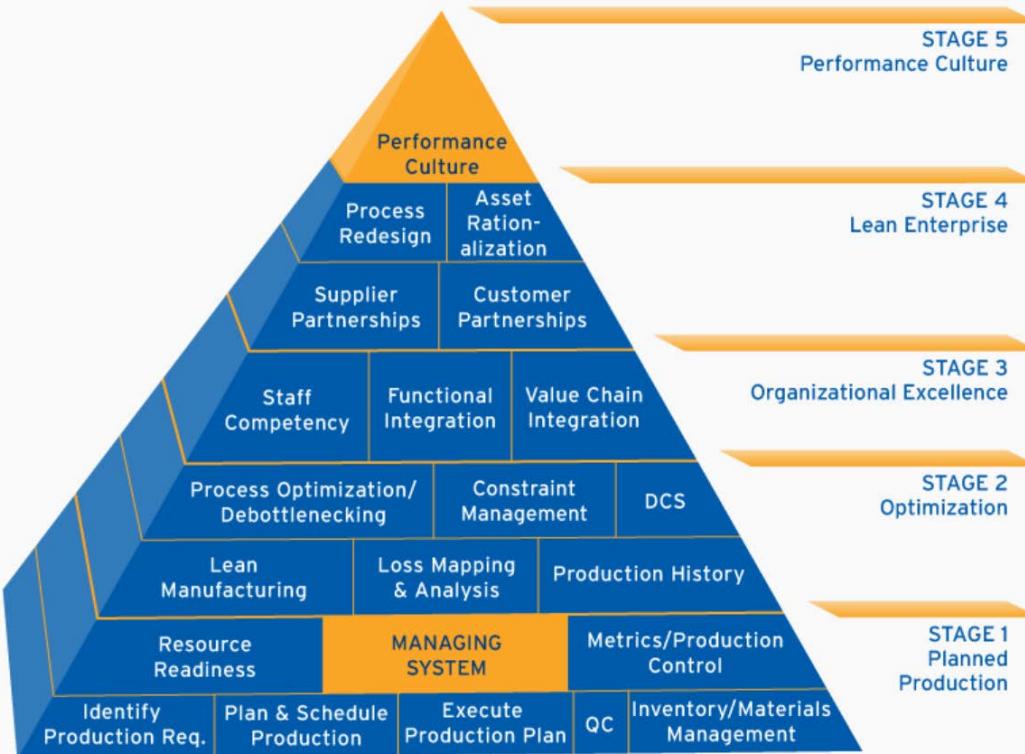


# CREACION DE ACTIVOS



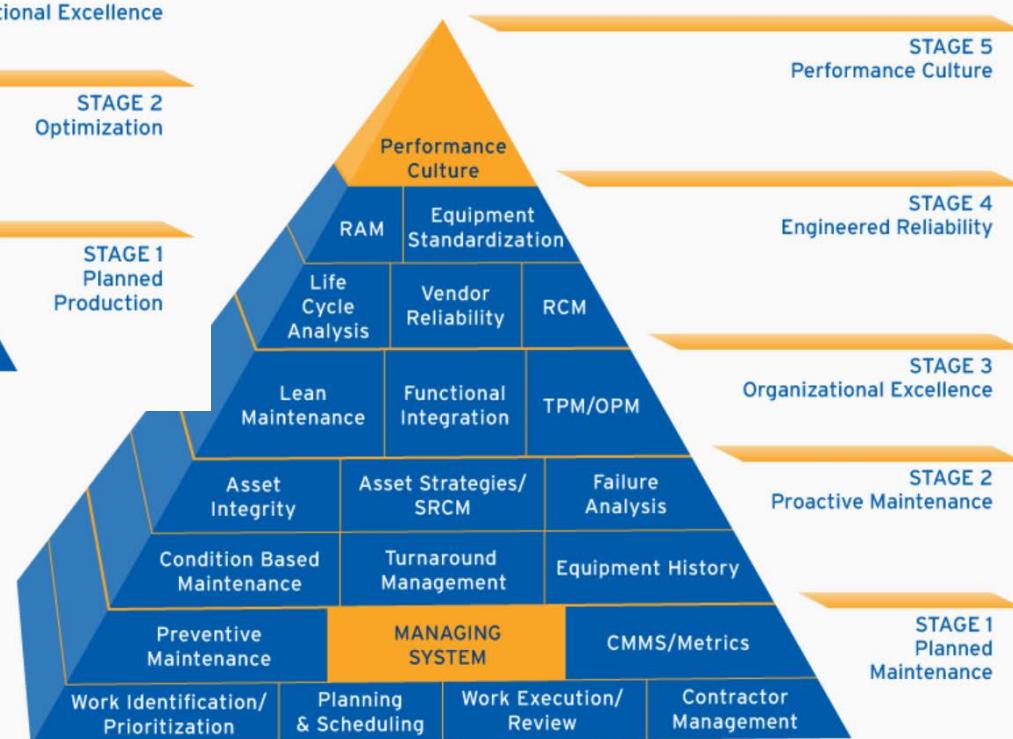
# UTILIZACION DE ACTIVOS

The Production Model:



## PRODUCCION

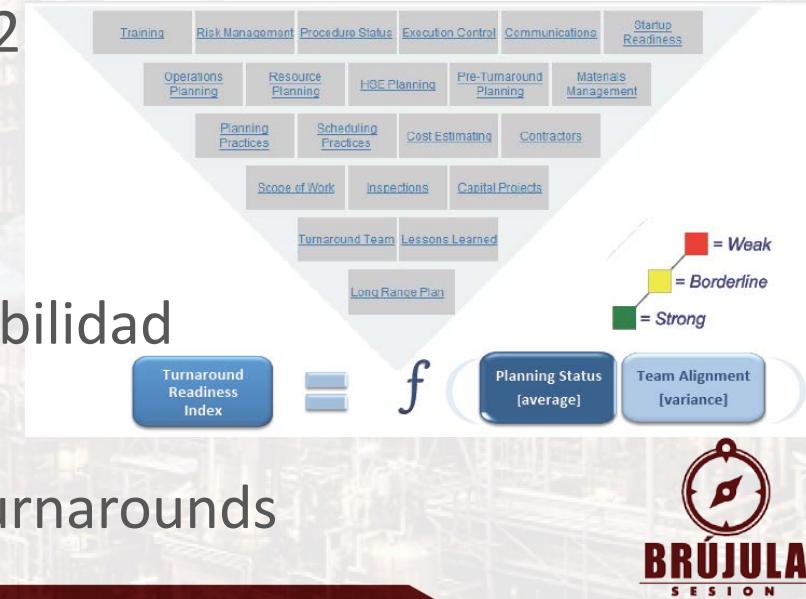
## MANTENIMIENTO



# MANTENIMIENTO

- Criticidad Activos y Sistemas
  - W.T. Fine
  - Norzok Z008
- Criticidad y priorización de trabajos
  - Overdue en función de criticidad OT
  - Supervision directo en críticos 1 / 2
- Manejor de Contratistas
  - Requerimeintos de cliente
  - KPIs de gestion de Activos y confiabilidad
  - Tiempos de respuesta
  - Procedimeinto para Overhauls y turnarounds

| Prioridad OT | Tiempo máximo para entrar en overdue |
|--------------|--------------------------------------|
| 1            | 8 horas                              |
| 2            | 1 día                                |
| 3            | 5 días                               |
| 4            | 15 días                              |
| 5            | 21 días                              |



- Planificación y programación de Mantenimiento
  - Administrar la P&P de contratistas
  - Asesorar la P&P cliente
    - » Quinquenal variación de 20%
    - » Anual variación de 10%
    - » Mensual variación de 5%
    - » Semanal variación de 1%

- Mantenimiento preventivo
- Elaboración de planes en base a
  - RCM
  - PMO
  - RBI
  - Manuales
  - RTF

|                   | Rotativo           | Eléctrico          | Mecánico           | Seguridad/ Control |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>CBM</b>        | 1 / 2              | 1 / 2              | 1 / 2              | NA                 |
| <b>Preventivo</b> | 1 / 2 / 3          | 1 / 2 / 3          | 1 / 2 / 3          | 1 / 2 / 3          |
| <b>RTF</b>        | 4                  | 4                  | 4                  | 4                  |
| <b>FFT</b>        | Equipo en stand by | Equipo en stand by | Equipo en stand by | 1 / 2              |
| <b>Rediseño</b>   | 1 / 2              | 1 / 2              | 1 / 2              | 1 / 2              |
| <b>RBI</b>        | NA                 | NA                 | 1 / 2              | 1 / 2              |
| <b>PIM</b>        | NA                 | NA                 | 1 / 2              | NA                 |
| <b>ICDA/ECDA</b>  | NA                 | NA                 | 1 / 2              | NA                 |

- CMMS /EAM
- Identificar software adecuado
- Integración de software
- Auditorias de gestión de CMMS/EAM
  - Factor de utilización
  - Levantamiento de activos, taxonomía
  - Calidad de información
  - Failure reporting FRACAS
  - Operaciones en EAM
  - Manejo de stocks

# KPIs

- KPIs Estratégicos
  - % de Mantenimiento Correctivo - LG
  - Relación Mantenimiento Preventivo vs CBM -LG
  - Downtime -LG
  - Costos de mantenimiento por unidad de producción -L G
  - Costo de mantenimiento por valor de reemplazo de activo -LD
  - Costo de kWh -LG
  - Rotación de Inventario -LG
  - % Implementación de estrategia -LD
  - Overall Equipment Effectiveness OEE Power Plants and Oil and Gas Process Plants
- KPIs Operativos
  - Ready Backlog - LD
  - Cumplimiento del Programa de Mantenimiento Predictivo (PdM) -LG
  - Cumplimiento de Programa de Mantenimiento Preventivo (PM) -LG
  - Maintenance Overdue -LG
  - Asertividad de Mantenimiento Predictivo e Integridad Mecánica -LG
  - % de retrabajos -LG
  - Confiabilidad -LG
  - Disponibilidad intrínseca -LG

- Mantenimiento Proactivo
- Mantenimiento Basado en Condición

| Criticidad                       | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|---|---|---|---|
| Análisis de vibraciones          | X | X |   |   |
| Análisis de corrientes           | X | X |   |   |
| Ultrasonido propagado en el aire | X | X |   |   |
| Análisis de lubricantes          | X | X |   |   |
| Termografía                      | X | X |   |   |
| Alineación laser                 | X | X | X |   |
| Windrock                         | X | X |   |   |
| Análisis de aceite dieléctrico   | X | X |   |   |
| Balanceo dinámico                | X | X | X |   |
| Rondas Operativas                | X | X | X |   |
| SCADA                            | X | X | X |   |
| CIS                              | X | X |   |   |
| DCVG / ACVG                      | X | X |   |   |
| Smart Pigging                    | X |   |   |   |
| Ultrasonido A/B/C Scan           | X | X | X |   |
| Ondas guiadas                    | X | X |   |   |
| Análisis de agua y refrigerantes | X | X | X |   |
| Análisis de Gases de escape      | X | X | X |   |
| Análisis de Combustible          | X | X | X |   |
| Baroscopía                       | X | X |   |   |

|                                  | Rotativo | Eléctrico | Mecánico | Seguridad y control |
|----------------------------------|----------|-----------|----------|---------------------|
| Análisis de vibraciones          | 1        |           |          |                     |
| Análisis de corrientes           | 3        | 3         |          |                     |
| Ultrasonido propagado en el aire | 6        | 6         | 6        | 6                   |
| Análisis de lubricantes          | 1        |           |          |                     |
| Termografía                      | 6        | 6         | 6        | 6                   |
| Alineación laser                 | 6        |           |          |                     |
| Windrock                         | 3        |           |          |                     |
| Análisis de aceite dieléctrico   |          | 12        |          |                     |
| Balanceo dinámico                | CBM      |           |          |                     |
| Rondas Operativas                | diaria   | diaria    | diaria   | diaria              |
| SCADA                            | CBM      | CBM       |          | CBM                 |
| CIS                              |          |           | 12       |                     |
| DCVG / ACVG                      |          |           | 12       |                     |
| Smart Pigging                    |          |           | 60       |                     |
| Ultrasonido A/B/C Scan           |          |           | 12       |                     |
| Ondas guiadas                    |          |           | 24       |                     |
| Análisis de agua y refrigerantes | 1        |           |          |                     |
| Análisis de Gases de escape      | 3        |           |          |                     |
| Análisis de Combustible          | 1        |           |          |                     |
| Baroscopía                       | 6        | 6         | 6        |                     |

## • Historial de activos

- Taxonomía en base a ISO 14224
- Estructura de datos
- Datos de Equipos
- Datos de falla
- Datos de Mantenimiento

## • Integridad de Activos

- RBI / PIM
- Control de Corrosión ICDA/ECDA
- NDT

## • FRACAS-RCFA

- Brain storm
- Árbol de fallas
- Investigación en laboratorio
- 6Ms + 1M
- Causas raíz técnica y administrativas

Corrientes de Eddy  
CIS  
DCVG/ACVG  
Ondas guiadas  
Marraneo Inteligente MFL  
Ultrasonido  
Partículas magnéticas  
A/B/C Scan Ultrasonido  
Seguridad funcional de Procesos.

## • Lean Maintenance

### DOWNTIME

- D Defectos impactando la condición del activo
  - O Overtime, reducir las horas extra.
  - W Retazos en la ejecución de trabajos
  - N Tareas de mantenimiento preventivo que no agregan valor
  - T Baja utilización de tecnología
  - I Exceso de inventarios y bajo movimiento de ítems
  - M Defectos en materiales
  - E Errores en procesos, procedimientos y personas
- ### • 5Ss
- No solo en talleres, sino también en procesos

- **Mura** - Condiciones no favorables para operación del sistema
- **Muri** – Atacar la irracionalidad de los procesos
- **Hanseri** - Asegurar Accountability para el error y responsabilidad para la corrección
- **Kaizen** – Mejora continua
- **Six Sigma** – DMAIC
- **Yokoten** - Lecciones aprendidas
- **Muda** - Atacar los 8 puntos de los desperdicios TIMWOODS
- **TIMWOODS** eliminación de desperdicios
  - Transporte
  - Inventarios
  - Movimientos
  - W Esperas
  - O Sobreproducción
  - O Sobre procesamiento
  - Defectos
  - S Habilidades

- **Seguridad de procesos**

- Metas de riesgo
- HAZOP
- LOPA
- SIS/SIL

- **TPM**

- Mejoras enfocadas en TPM – DMAIC
- Mantenimiento Autónomo
- Mantenimiento planeado
- Control inicial
- Mantenimiento de calidad
- Entrenamiento
- TPM oficinas
- HSE

- **PMO**

## • Life Cycle Cost Analysis

- Utilidad = Ingresos – Egresos
- Ingresos = Disponibilidad \* Costo de venta \* Producción de petróleo
- Egresos = LCCA
  - El LCCA involucra el CAPEX +OPEX
  - CAPEX = Ingeniería + Procura + Construcción + Comisionamiento
  - OPEX = Costos MNT + Costos Combustible + Costos OPR + Costos de Fallas
  - Costos de Fallas = Costos CM +  $F(t) * \text{Consecuencia de fallas}$
  - $F(t) = \text{Probabilidad de ocurrencia de un evento calculado en MTBF o MTBC}$
  - Consecuencia = costo asociado a máxima Perdida probable

- Vendor Reliability
  - Se deben delinear los parámetros de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los activos de que se compra, analizando la disponibilidad requerida de los activos
  - Se debe determinar un target de disponibilidad operativa e impacto de fallas para los contratistas como parte de los KPIs del contrato.
- Reliability Centered Maintenance (RCM)
- Reliability, Availability, Maintainability (RAM) Analysis
  - ISO 31010 Methodologies
- Estandarización de Equipos
  - Mantenimiento SPM dará un feedback a las áreas de ingeniería para la estandarización de activos tomando en cuenta los siguientes factores:
    - Confiabilidad y disponibilidad intrínseca y operativa de los equipos utilizados
    - Manejo de repuestos y stocks de bodega del cliente
    - Capacitación del personal
    - Facilidad de operación
- Nivel de automatización requerido

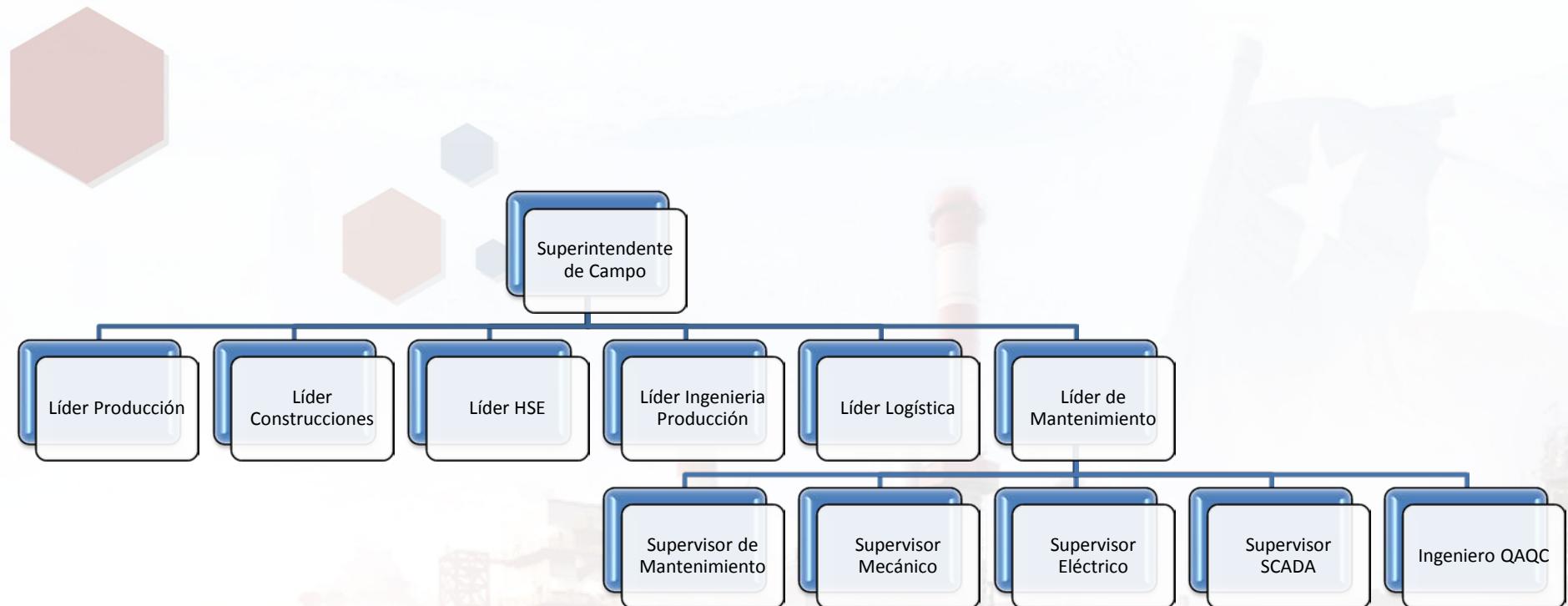
# Decomisionamiento

- Entender el objetivo de decomisionamiento
- Realizar análisis de riesgo FMEA/Análisis de riesgo
- Plan de decomisionamiento
  - Recursos energéticos
  - Decomisionamiento
  - Desmantelamiento
  - Transferencia o almacenamiento
  - Disposición de material y desperdicio sobrante
  - Limpieza área para uso futuro

## Planificación de contingencia

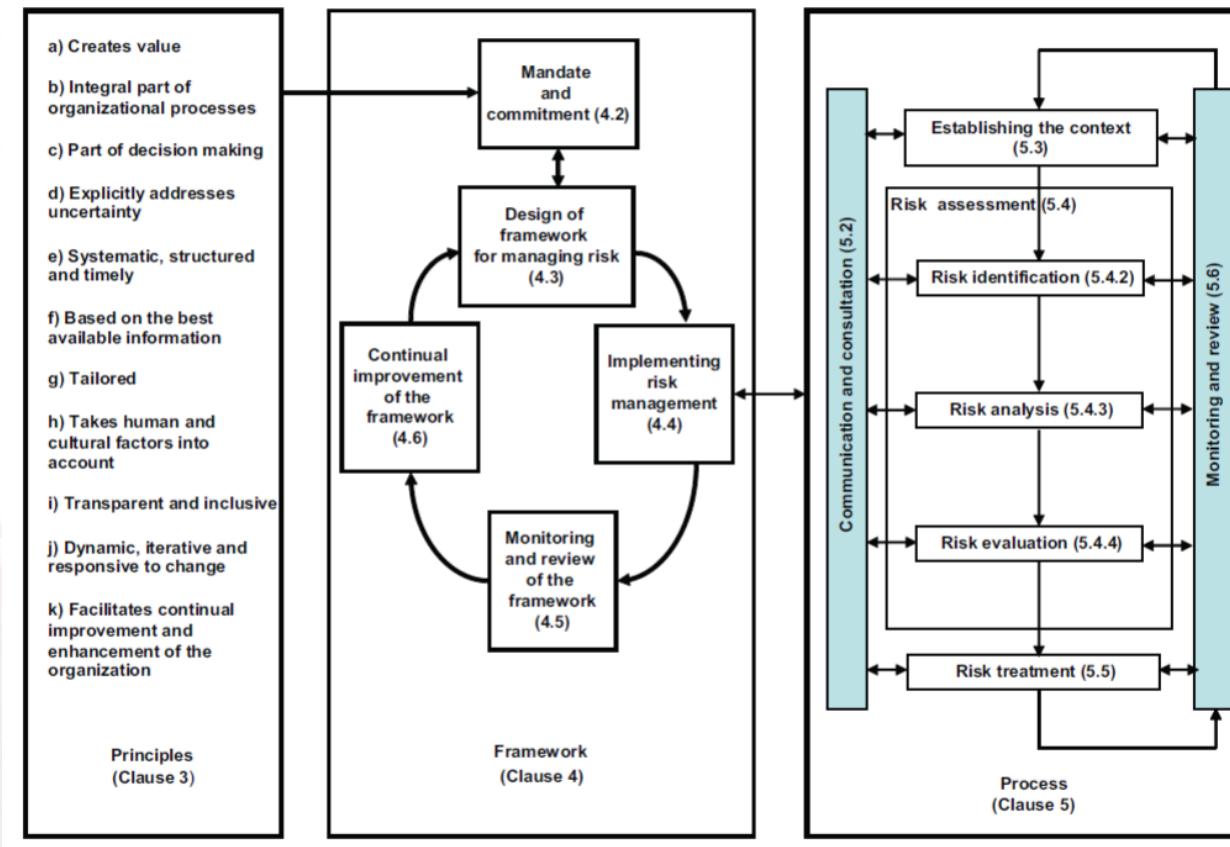
- Se establecerán los escenarios asociados para detallar lo siguiente
  - Contratos bajo llamada
  - Mapas lógicos de decisiones y comunicaciones para contingencias de activos
  - Determinar las interrupciones de activos críticos y el downtime asociado
  - Tener diseñado un plan de emergencias operativas para los sistemas de mayor criticidad
  - Realizar simulacros semestrales de emergencias operativas como blackout, derrame, etc.
  - Mantener de forma clara la responsabilidad entre cliente, SPM y contratistas en emergencias
  - Pólizas de seguros
  - Procedimiento de respuesta a emergencias operativas

- Organigrama, funciones, responsabilidades
- Subcontratación de Servicios
  - Definir procesos de contratación
  - Plan anual de compras y Servicios
  - KPIs de servicios
- Plan de capacitación.
  - Capacitaciones internas
  - Capacitaciones al cliente
- Plan de comunicación
- Plan de administración de documentación



# Gestión de Riesgos

## ISO 31000



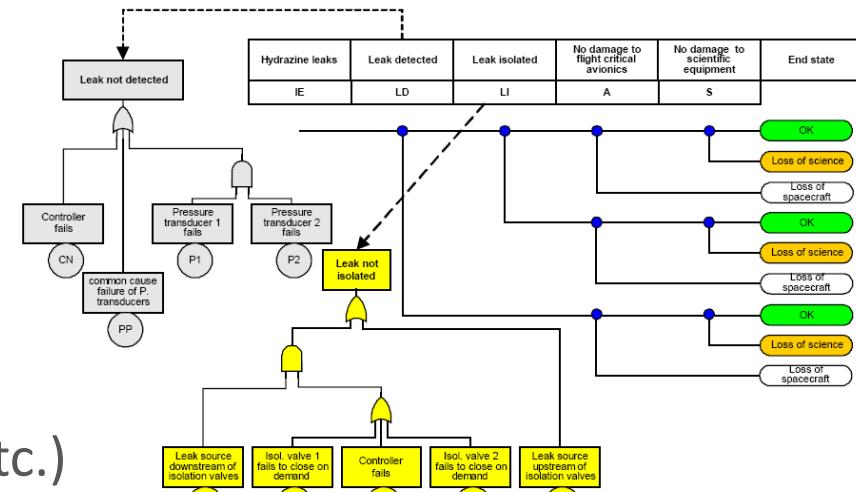
**Table A.1 – Applicability of tools used for risk assessment**

| Tools and techniques                                | Risk assessment process |                  |                 |               | See Annex |
|---|-------------------------|------------------|-----------------|---------------|-----------|
|   | Risk Identification     | Risk analysis    |                 |               |           |
|   |                         | Consequence      | Probability     | Level of risk |           |
| Brainstorming                                       | SA <sup>1)</sup>        | NA <sup>2)</sup> | NA              | NA            | NA B 01   |
| Structured or semi-structured interviews            | SA                      | NA               | NA              | NA            | NA B 02   |
| Delphi  | SA                      | NA               | NA              | NA            | NA B 03   |
| Check-lists   | SA                      | NA               | NA              | NA            | NA B 04   |
| Primary hazard analysis                             | SA                      | NA               | NA              | NA            | NA B 05   |
| Hazard and operability studies (HAZOP)              | SA                      | SA               | A <sup>3)</sup> | A             | A B 06    |
| Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) | SA                      | SA               | NA              | NA            | SA B 07   |
| Environmental risk assessment                       | SA                      | SA               | SA              | SA            | SA B 08   |
| Structure « What if? » (SWIFT)                      | SA                      | SA               | SA              | SA            | SA B 09   |
| Scenario analysis                                   | SA                      | SA               | A               | A             | A B 10    |
| Business impact analysis                            | A                       | SA               | A               | A             | A B 11    |
| Root cause analysis                                 | NA                      | SA               | SA              | SA            | SA B 12   |
| Failure mode effect analysis                        | SA                      | SA               | SA              | SA            | SA B 13   |
| Fault tree analysis                                 | A                       | NA               | SA              | A             | A B 14    |
| Event tree analysis                                 | A                       | SA               | A               | A             | NA B 15   |
| Cause and consequence analysis                      | A                       | SA               | SA              | A             | A B 16    |
| Cause-and-effect analysis                           | SA                      | SA               | NA              | NA            | NA B 17   |
| Layer protection analysis (LOPA)                    | A                       | SA               | A               | A             | NA B 18   |
| Decision tree                                       | NA                      | SA               | SA              | A             | A B 19    |
| Human reliability analysis                          | SA                      | SA               | SA              | SA            | A B 20    |
| Bow tie analysis                                    | NA                      | A                | SA              | SA            | A B 21    |
| Reliability centred maintenance                     | SA                      | SA               | SA              | SA            | SA B 22   |
| Sneak circuit analysis                              | A                       | NA               | NA              | NA            | NA B 23   |
| Markov analysis                                     | A                       | SA               | NA              | NA            | NA B 24   |
| Monte Carlo simulation                              | NA                      | NA               | NA              | NA            | SA B 25   |
| Bayesian statistics and Bayes Nets                  | NA                      | SA               | NA              | NA            | SA B 26   |
| FN curves   | A                       | SA               | SA              | A             | SA B 27   |
| Risk indices  | A                       | SA               | SA              | A             | SA B 28   |
| Consequence/probability matrix                      | SA                      | SA               | SA              | SA            | A B 29    |
| Cost/benefit analysis                               | A                       | SA               | A               | A             | A B 30    |
| Multi-criteria decision analysis (MCDA)             | A                       | SA               | A               | SA            | A B 31    |

<sup>1)</sup> Strongly applicable.  
<sup>2)</sup> Not applicable.  
<sup>3)</sup> Applicable.

# Técnicas de Ingeniería de Confiabilidad

- FMECA – Failure Mode, Effect and Criticality Analysis
- RCM – Reliability Centered Maintenance
- FTA – Fault Tree Analysis
- ETA – Event Tree Analysis
- Bow-Tie Analysis
- RBD – Reliability Block Diagrams
- Weibull Analysis
- Markov Analysis
- Human Reliability (CREAM, HFMEA, etc.)
- LOPA – Layer of Protection Analysis
- Accelerated Life Testing



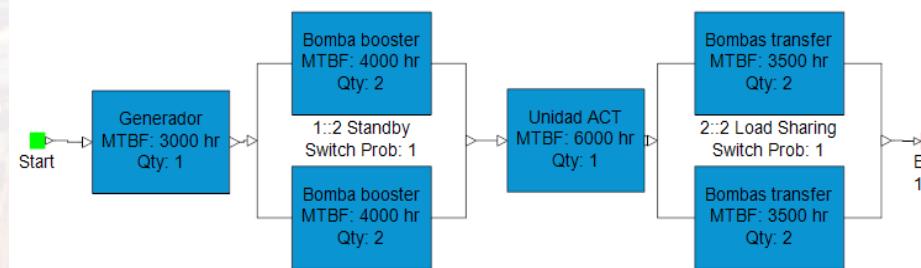
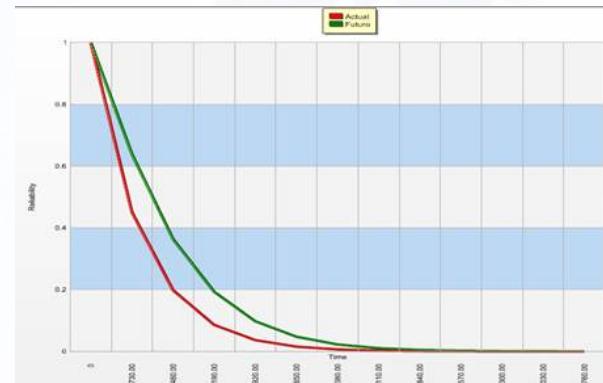
# RELIABILITY BLOCK DIAGRAMS RBD

- CAPEX

- Determinar configuraciones de sistemas
- Estimar Disponibilidad y Confiabilidad de sistemas
- Determinar aplicabilidad de redundancias
- Análisis del Costo en el Ciclo de vida

- OPEX

- Mejora de modos de operación
- Estimar mejora en disponibilidad y confiabilidad en base a mejoras en redundancia
- Estimar periodo adecuado para rotación de stand by
- Simular confiabilidad de compartición de carga



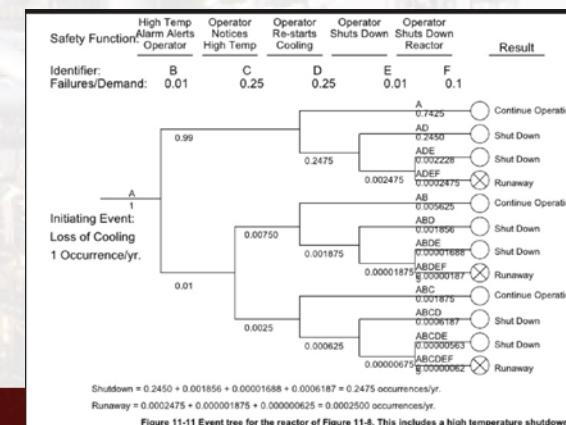
# EVENT TREE ANALYSIS ETA

- CAPEX

- Determinar capas de protección de sistemas
- Determinar eventos probables y efectos en capas de protección
- Determinar confiabilidad de sistemas

- OPEX

- Retroalimentar efectos en probabilidad de ocurrencia de eventos
- Determinar riesgo operacional
- Determinar efectividad de sistemas de protección y mitigación



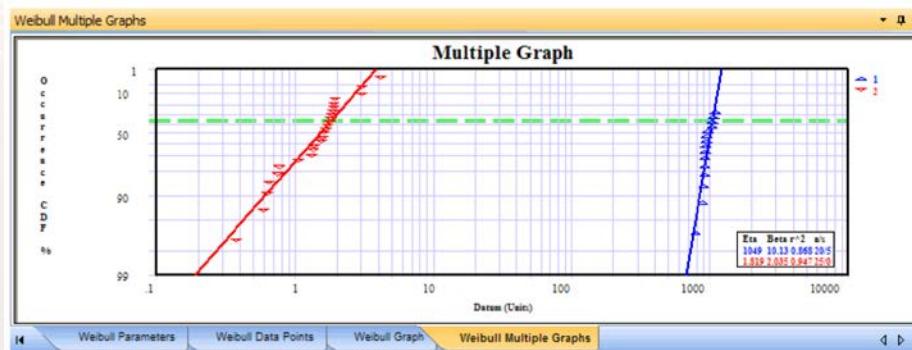
# ANALISIS DE WEIBULL

## • CAPEX

- Determinar probabilidad de falla por mortalidad infantil
- Estimar causas de falla aplicables en garantía
- Mejora de diseño
- Pruebas aceleradas de vida de activos, mejorar MTBF

## • OPEX

- Determinar el patrón de fallas de equipos, causas de falla
- Conocer la distribución estadística de falla
- Establecer tipo de mantenimiento
- Determinar MTBF real y mejorar exactitud en predicciones de tiempo a la falla



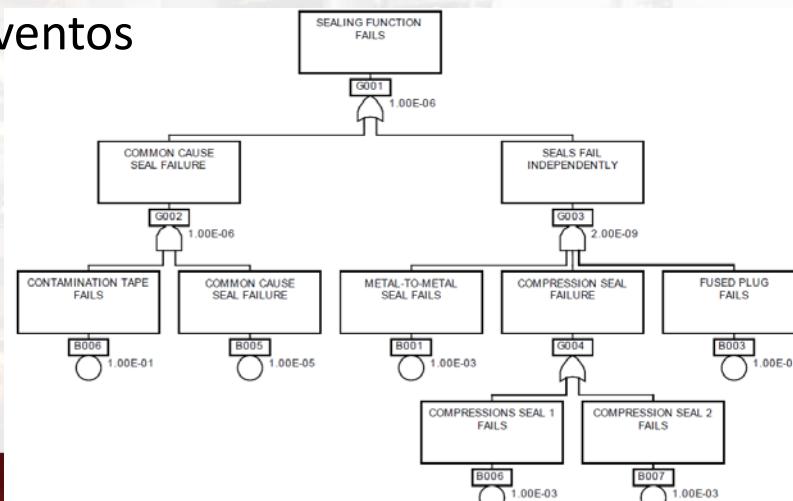
# FAULT TREE ANALYSIS FTA

- CAPEX

- Determinar probabilidad de ocurrencia de eventos
- Determinar capas de protección en diseño
- Determinar posibles fallas en un sistema
- Diseño en base a confiabilidad

- OPEX

- Estimar mejora de sistemas en base a capas de protección
- Determinar Causas Raíz de eventos

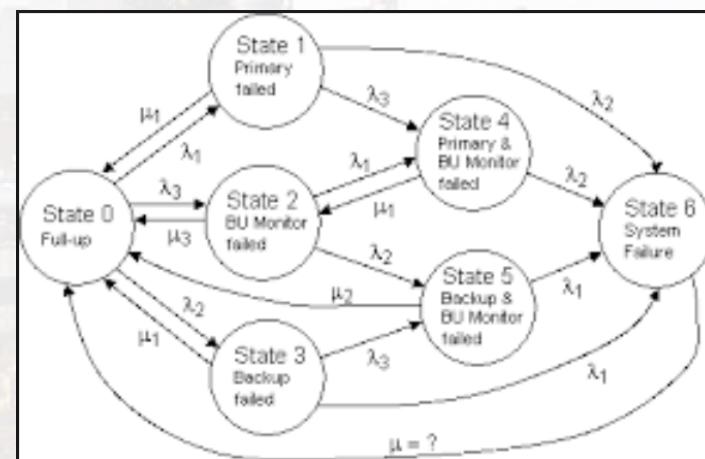


- CAPEX

- Determinar disponibilidad esperada en base a cambio de estados
- Escoger activos con mejor mantenibilidad y disponibilidad intrínseca
- Mejora en diseño de sistemas

- OPEX

- Determinar disponibilidad esperada en base a cambio de estados
- Retroalimentar mejoras en mantenibilidad y disponibilidad



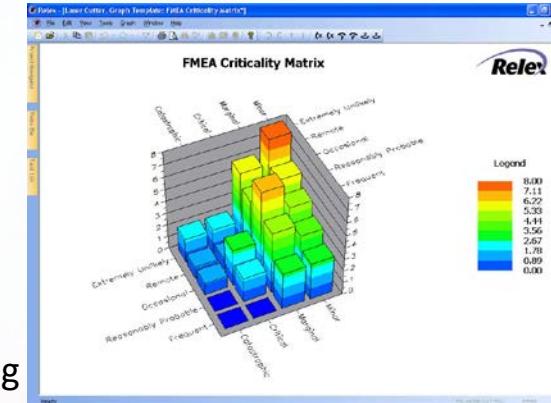
# FAILURE MODE EFFECT AND CRITICALITY ANALYSIS FMECA

## • CAPEX

- Determinar fallas probables de componentes, equipos y sistemas, efectos en sistemas y mejoras
- Determinar Troubleshooting
- Escoger sistemas más confiables
- Determinar criticidad (riesgo) de componentes, equipos y sistema
- Complemento de HAZOP

## • OPEX

- Diseñar planes de mantenimiento más confiables y óptimos
- Ayuda a determinar causas de falla y en la operación Troubleshooting
- Reducir el riesgo Operaciones
- Aumentar disponibilidad de activos.



| Número | Nombre            | Número     | Nombre     | Familias  | Función   | Método de falla identificada                                | Causa                | Efecto de falla      | Criticidad           |                      |                      | Peso Factor MIT | Efecto base        |
|--------|-------------------|------------|------------|---|---|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|--------------------|
|        |                   |            |            |   |   |   |                      |                      | Comunicación         | Diagrama             | Diagrama             |                 |                    |
| 1      | Alarma de control | 1750-01-01 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |
| 2      | Alarma de control | 1750-01-02 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |
| 3      | Alarma de control | 1750-01-03 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |
| 4      | Alarma de control | 1750-01-04 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |
| 5      | Alarma de control | 1750-01-05 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |
| 6      | Alarma de control | 1750-01-06 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |
| 7      | Alarma de control | 1750-01-07 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |
| 8      | Alarma de control | 1750-01-08 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |
| 9      | Alarma de control | 1750-01-09 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |
| 10     | Alarma de control | 1750-01-10 | OPC Module | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Procesamiento de señales de control y monitoreo de sistemas | Algoritmo de control | 0.10            | Extremely Unlikely |

## • Management of Change MOC

| <b>a. Nivel Riesgo</b> | <b>Escala</b> | <b>USD/año</b>              | <b>Metodología</b>           |
|------------------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| b. Normal              | 1             | 0 – 100 USD/año             | Árbol lógico                 |
| c. Ligero              | 2             | 101 – 1.000 USD/año         | What If                      |
| d. Moderado            | 3             | 1.001 – 10.000 USD/año      | HAZOP                        |
| e. Alto                | 4             | 10.001 – 100.000 USD/año    | Análisis cuantitativo Riesgo |
| f. Muy Alto            | 5             | 100.001 – 1'000.000 USD/año | Análisis cuantitativo Riesgo |

## FRACAS PROCESS

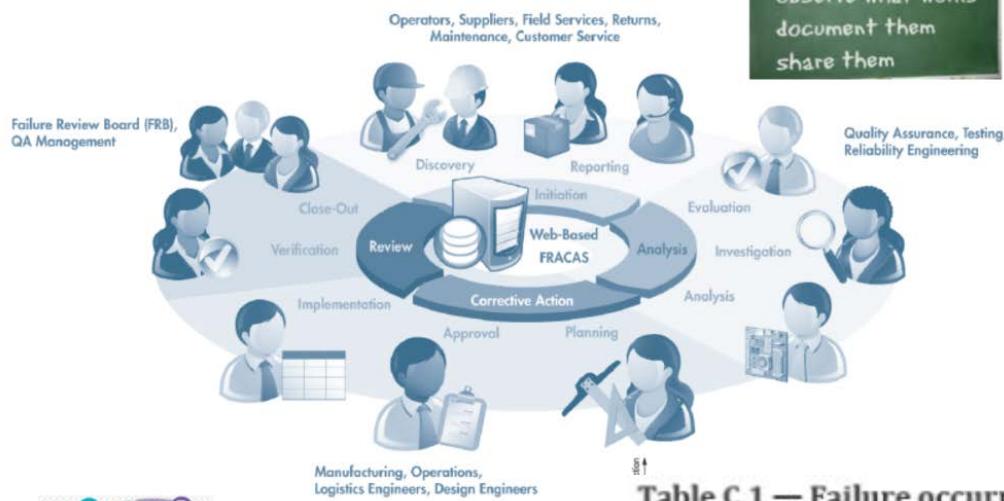
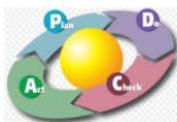
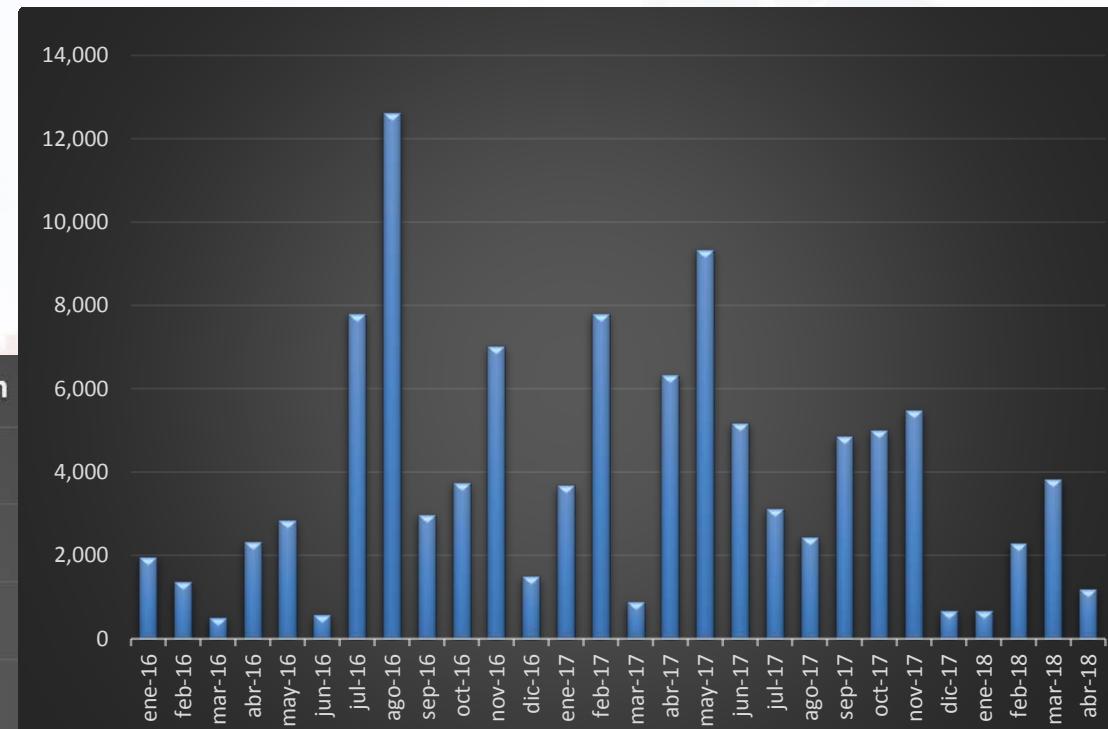
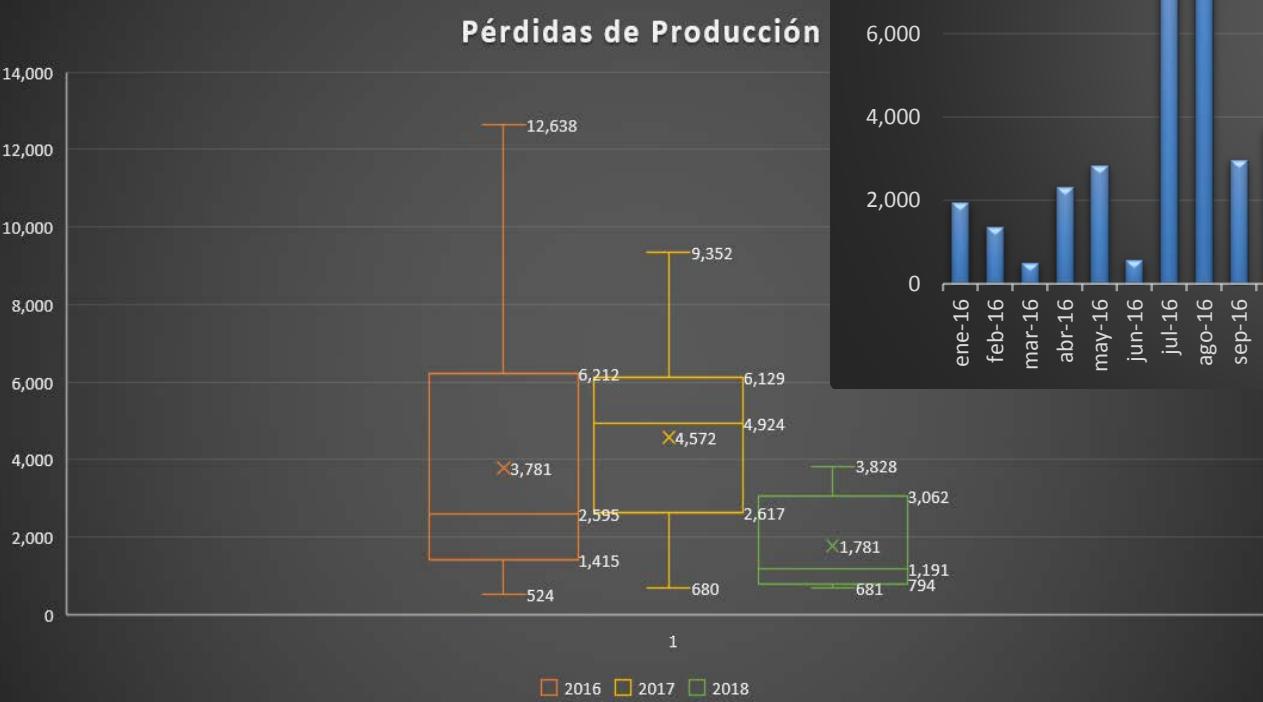


Table C.1 — Failure occurrence classification (modified, IEC 60812:2006, Table 5)

| Failure mode occurrence      | Rating | Frequency                  | Probability            |
|------------------------------|--------|----------------------------|------------------------|
| Remote:                      | 1      | ≤ 0,010 per thousand items | ≤ 1 × 10 <sup>-5</sup> |
| Failure is unlikely          |        |                            |                        |
| Low:                         | 2      | 0,1 per thousand items     | 1 × 10 <sup>-4</sup>   |
| Relatively few failures      | 3      | 0,5 per thousand items     | 5 × 10 <sup>-4</sup>   |
| Moderate:                    | 4      | 1 per thousand items       | 1 × 10 <sup>-3</sup>   |
| Occasional failures          | 5      | 2 per thousand items       | 2 × 10 <sup>-3</sup>   |
|                              | 6      | 5 per thousand items       | 5 × 10 <sup>-3</sup>   |
| High:                        | 7      | 10 per thousand items      | 1 × 10 <sup>-2</sup>   |
| Repeated failures            | 8      | 20 per thousand items      | 2 × 10 <sup>-2</sup>   |
| Very high:                   | 9      | 50 per thousand items      | 5 × 10 <sup>-2</sup>   |
| Failure is almost inevitable | 10     | ≥ 100 per thousand items   | ≥ 1 × 10 <sup>-1</sup> |

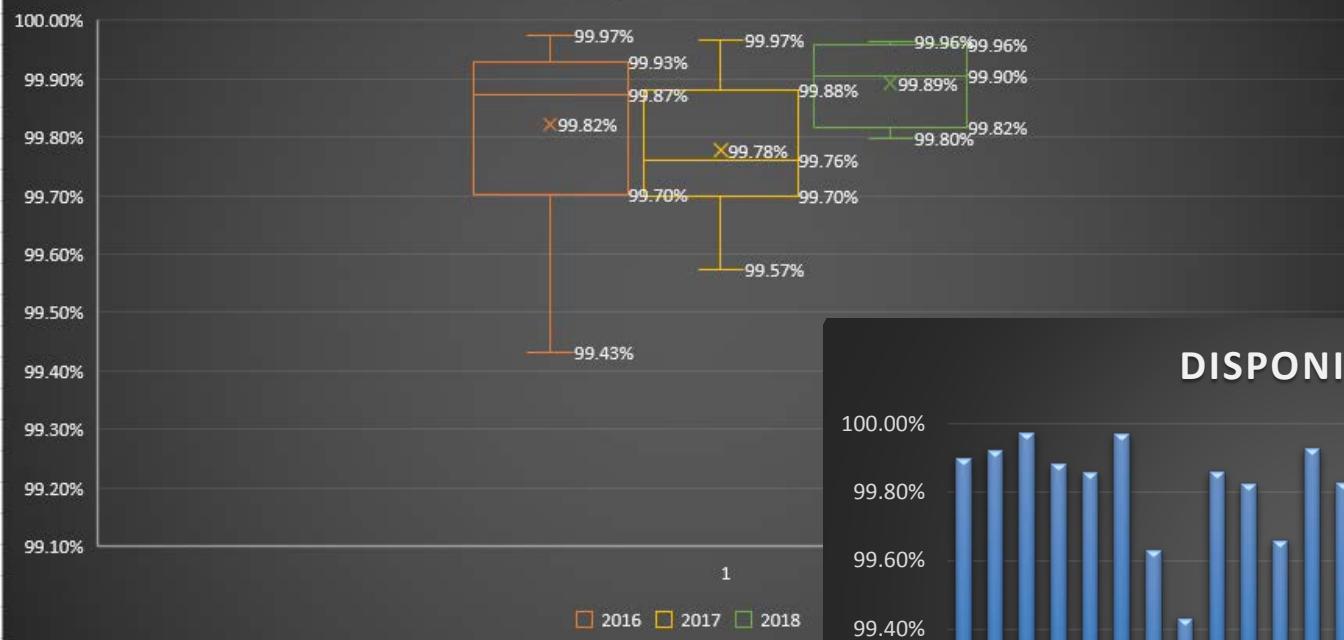


# RESULTADOS

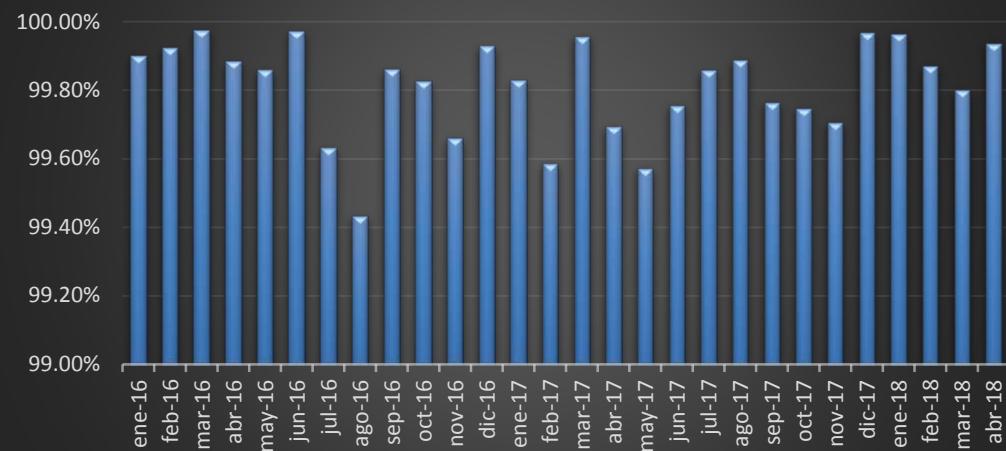


| KPI   | JAN    | FEB     | MAR    | APR    | MAY   | JUN   | JUL   | AUG   | SEP   | OCT   | NOV   | DEC   |
|---|--------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PERDIDAS POR ENERGIA                          | 681    | 2296.73 | 3828   | 1191   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| DISPONIBILIDAD OPERATIVA DE LA PLANTA         | 99.96% | 99.87%  | 99.80% | 99.94% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| NTPs POR INSTALACION DE EQUIPOS DE SUPERFICIE | 0      | 0       | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| PORCENTAJE MANTENIMIENTO REACTIVO             | 23.40% | 20.63%  | 21.33% | 15.87% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| MAINTENANCE OVERTURE                          | 26.83% | 17.02%  | 16.13% | 13.46% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |

### Disponibilidad



### DISPONIBILIDAD





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
★ C H I L E ★

# ¡GRACIAS!



ORGANIZADO POR: ASOCIACIÓN MEXICANA  
DE PROFESIONALES EN  
GESTIÓN DE ACTIVOS A.C.



**Luis Alberto Tilleria, CMRP**

Jefe de Mantenimiento – Schlumberger SPM Shaya

**SI TIENES PREGUNTAS  
O COMENTARIOS  
¡No dudes en acercarte!**