



José Santos, Jefe de Departamento de Ingeniería – ABB Power Systems Division, Julio de 2014

# INTRODUCCION AL DISEÑO DE SUBESTACIONES ALGUNAS APLICACIONES ESPECIALES

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 1



## QUE PASA SI NO HAY ELECTRICIDAD?

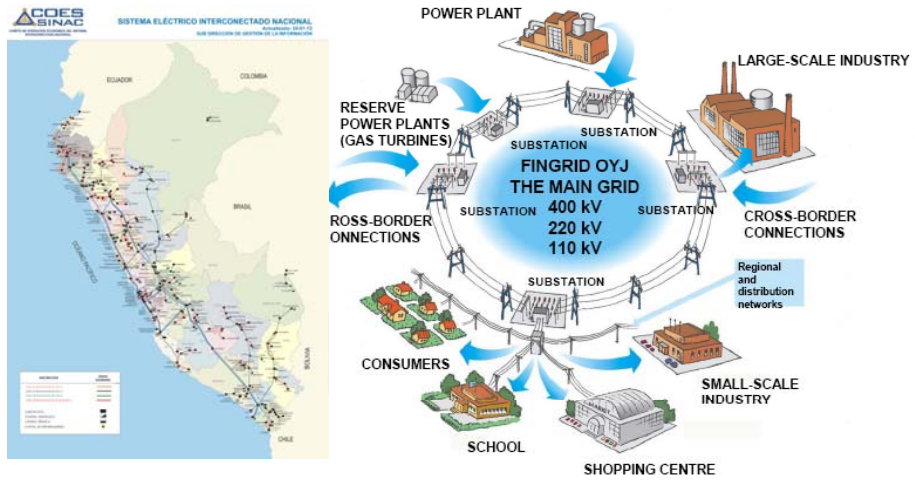


Tomado Abb Review 1/2008

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 2



## SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

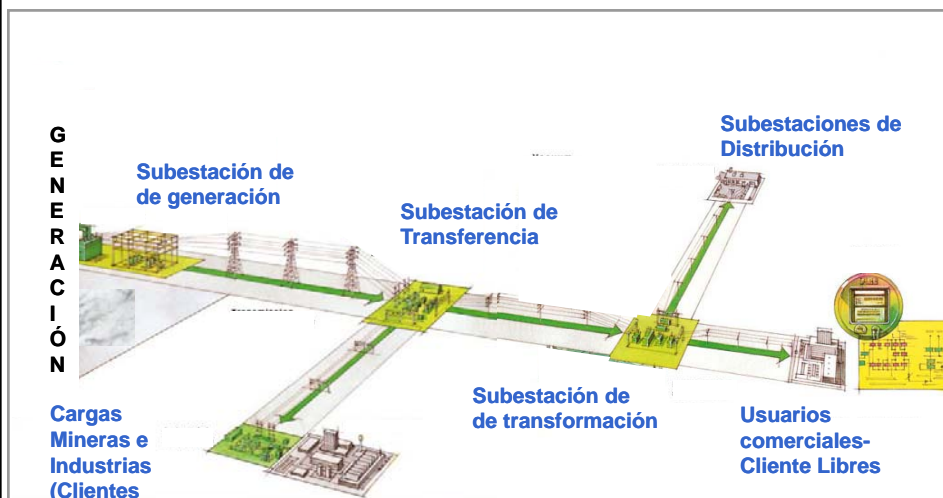


GENERACION - TRANSMISIÓN - CLIENTES LIBRES - DISTRIBUCIÓN - USUARIOS FINALES

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 3



## TIPOS DE SUBESTACIONES



Tomado Abb Review 1/2008

## TIPOS DE SUBESTACIONES

CONVENCIONALES  
O AISLADAS EN AIRE



ENCAPSULADAS O  
AISLADAS EN SF6 - GIS



CELDAS PARA  
SUBESTACIONES DE  
MEDIA Y BAJA TENSIÓN



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 5

**ABB**

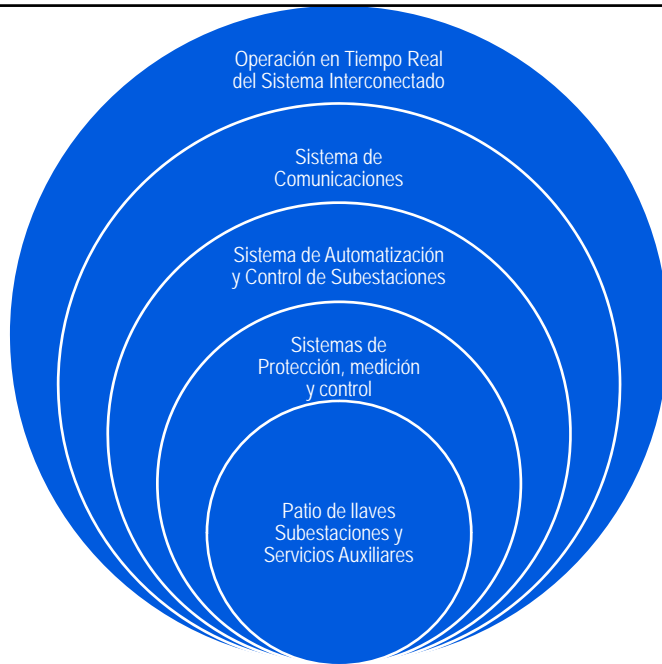
## FUNCIONES DE LAS SUBESTACIONES

<b>Seguridad</b>	<b>Separar el sistema de aquellas partes con falla</b>
Explotación	Configurar el sistema con el fin de dirigir los flujos de potencia de forma óptima, desde el punto de vista de seguridad en el servicio, reducción de pérdidas y permitir funciones de mantenimiento sobre los equipos
Interconexión	Interconectar los Sistema Eléctricos de diferente tensión , conectar generadores , líneas de transmisión, sistemas de compensación.

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 6

**ABB**

## ELEMENTOS PRINCIPALES Y ÁREAS DE INTERACCIÓN EN SUBESTACIONES DE POTENCIA



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 7

**ABB**

## ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA SUBESTACIÓN



**Patio de llaves;** Bahías, sistema de barras, Patio de transformadores  
 Cada Bahía conformada por  
 1.0 Eq. Maniobra;  
 Interruptores, Seccionadores  
 2.0 Eq Protección :  
 Pararrayos  
 3.0 Eq. Medida;  
 Transformadores de corriente y tensión  
**Edificio de Control;**  
 1.0 Sala de Servicios Auxiliares.  
 2.0 Sala de Baterías  
 3.0 Sala de Grupo Electrónico  
 4.0 Sala de control y protección  
 5.0 Sala de Comunicaciones

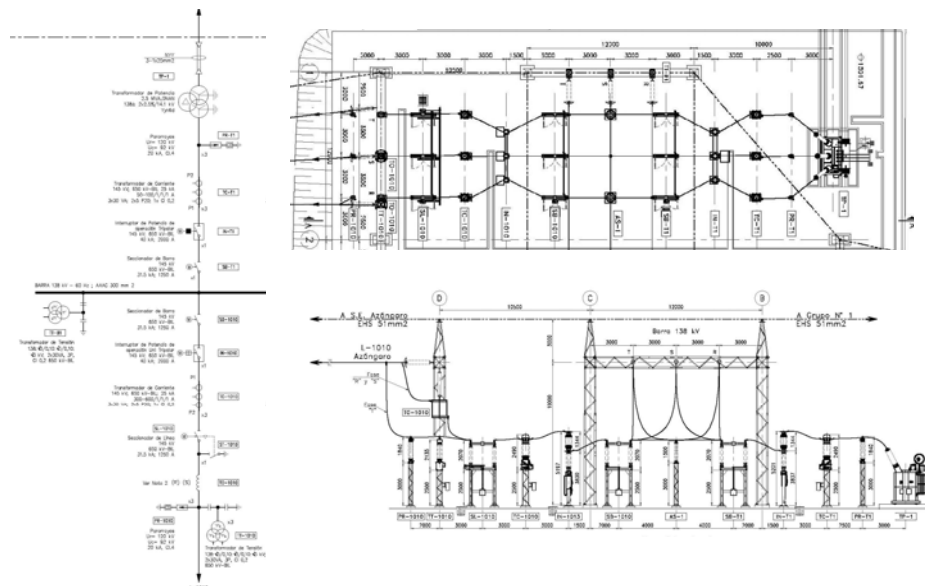
Google earth

pies  
metros 1000 400

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 8

**ABB**

## ELEMENTOS PRINCIPALES DEL PATIO DELLAVES

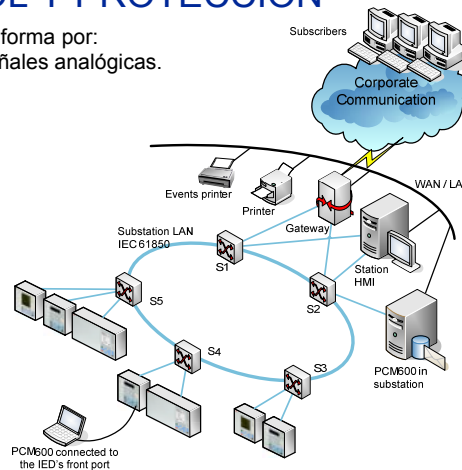
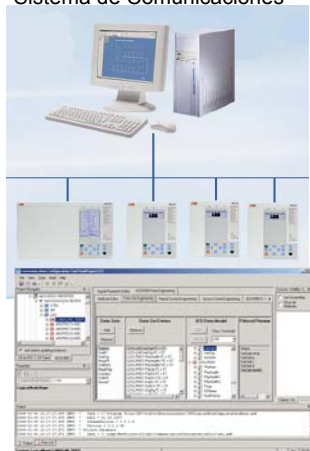


© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 9

**ABB**

## SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCION

- El sistema de Protección y control conforma por:
- IEDs; Reles, medidores, sensores, señales analógicas.
  - Servidor Scada con HMI
  - Impresoras
  - Sistema de Comunicaciones



Tomado Abb Group- CE Sölvler-2010

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 10

**ABB**





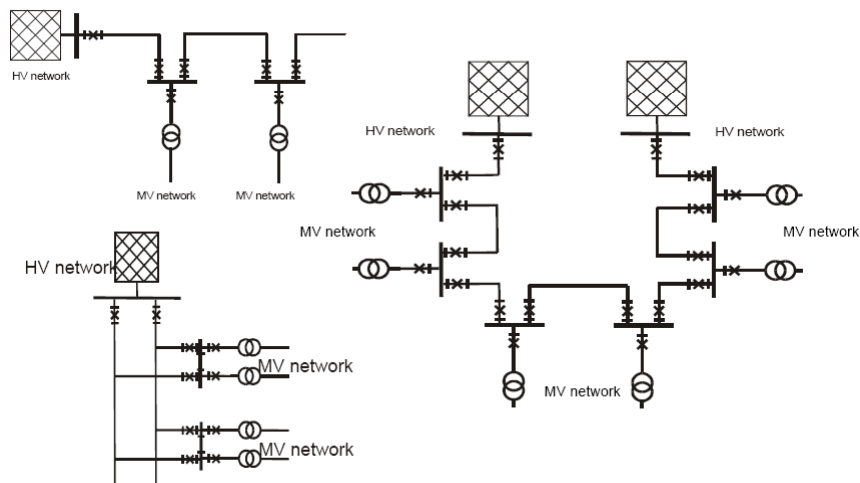
# CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES

© ABB High Voltage Products  
February 20, 2013 | Slide 11



## CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES

El sistema es radial, enlazado o anillado



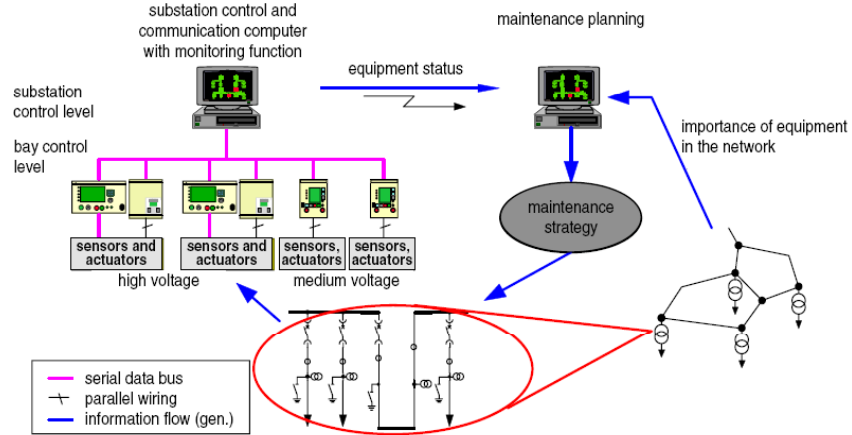
© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 12

Tomado Abb Group- CE Sölvér-2010



## CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES

### Importancia de la SE en el Sistema Eléctrico



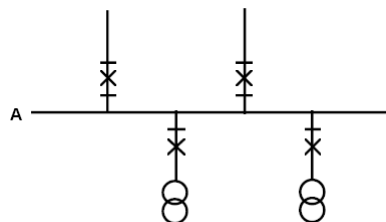
© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 13

Tomado Abb Group-Switch Gear Manual

**ABB**

## CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES

### Simple Barra



**Ventajas;**  
Simple  
Bajo costo

**Desventajas**

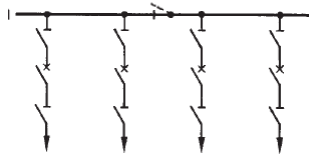
- 1.0 Cuando esta en mantenimiento el interruptor, la bahía sale fuera de servicio
- 2.0 Cuando se hace mantenimiento de la barra o seccionadores de barra, la subestación sale fuera de servicio
- 3.0 Falla en Barra, toda la SE sale fuera de servicio

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 14

**ABB**

## CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES

### Simple Barra Seccionada



**Ventajas;**  
Simple  
Bajo costo

#### **Desventaja**

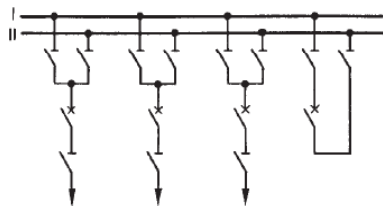
- 1.0 Cuando esta en mantenimiento el interruptor, la bahía sale fuera de servicio
- 2.0 Cuando se hace mantenimiento de la barra o seccionadores de barra, la **mitad de** la subestación sale fuera de servicio
- 3.0 Falla en Barra, La **mitad** de la SE sale fuera de servicio

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 15

**ABB**

## CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES

### Doble Barra



#### **Ventajas;**

- Brindan flexibilidad para la operación del sistema y confiabilidad por falla en barras.
- Las labores de mantenimiento pueden ser realizadas sin interrupción del servicio.
- Facilita el mantenimiento de seccionadores de barra, afectando únicamente el tramo asociado.

#### **Desventajas**

- La realización del mantenimiento en un interruptor de un tramo, requiere la salida del tramo correspondiente.
- Requiere de gran espacio físico para su construcción.

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 16

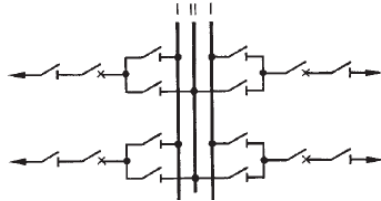
**ABB**



## CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES

### Doble Barra en U

Similar al Doble Barra  
Permite la salida en ambos sentidos  
en consecuencia ahorro de espacio



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 17

**ABB**

## CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES

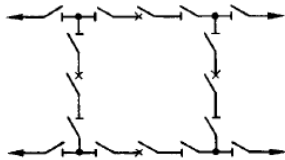
### Anillo

#### Ventajas;

- En condiciones normnales Ningún circuito se pierde, pero se rompe el anillo

#### Desventajas

- En falla de un circuit se pierde el circuito
- Segundo circuito puede quedar aislado dependiendo del lugar de la falla

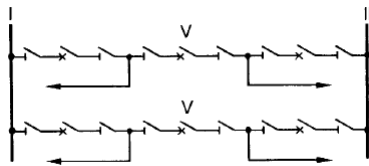


© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 18

**ABB**

## CONFIGURACIONES DE SUBESTACIONES

### Interruptor y Medio



#### Ventajas;

•El mantenimiento de un interruptor se puede realizar sin sacar de servicio la bahía correspondiente.

#### Desventajas

Para la realización del mantenimiento de los seccionadores conectados directamente al tramo, es necesario dejar fuera de servicio el tramo correspondiente.

Requiere gran espacio físico para su construcción.

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 19

**ABB**

## OTRAS CONFIGURACIONES

Existen otras configuraciones que son una variante de las configuraciones descritas, estas son:

- Simple barra con Bypass
- Simple barra con barra de transferencia
- Doble barra con dos barras de transferencia
- Interruptor y medio
- Doble barra y doble interruptor
- Triple Barra
- Poligonos

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 20

**ABB**



© ABB High Voltage Products  
February 20, 2013 | Slide 21

**ABB**

## CRITERIOS DE DISEÑO

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN

FACTOR	DESCRIPCIÓN
TÉCNICOS	Ubicación requerida en el sistema eléctrico, Área necesaria, características geológicas, accesos,
ECONÓMICOS	Costos de implementación, construcción, operación mantenimiento y explotación
AMBIENTALES	Altura, polución, radio interferencia, impacto ambiental (EIA/CIRA)
ADMINISTRATIVOS	Permisos de construcción, licencias, puesta en servicio.

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 22

**ABB**

## CRITERIOS DE DISEÑO

### Ubicación de las Subestaciones características y consecuencias

Características	Influencia Diseño	Consecuencia
Área disponible	Disposición, configuración /equipamiento	Costo del terreno, confiabilidad, maniobrabilidad
Topografía	Muros de contención; pendientes, movimiento de tierras	Costos de construcción, montaje, seguridad
Características geotécnicas	Disposición, Fundaciones, edificaciones, red de tierra	Costos de construcción, montaje, seguridad
Hidrología	Disposición, sistemas de drenaje	Costos de construcción, montaje, seguridad
Accesos	Disposición general, caminos de acceso a la Subestación, caminos internos	Costos de construcción, montaje, seguridad
Acometidas de Líneas	Disposición general	Costos de montaje, planeamiento
Polución Ambiental	Línea de Fuga del Equipamiento, limpieza y mantenimiento	Costos
Impacto ambiental	Obras Electromecánicas, Civiles, disposición general	Trabajos y costos administrativos
Nivel sísmico	Diseños Especiales; uso de amortiguadores	Costos de construcción, equipos
Altitud	Distancias eléctricas, aislamiento	Costos, disposición

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 23



## CRITERIOS DE DISEÑO

### NORMAS APLICABLES

- IEC - The International Electrotechnical Comisión.
- ANSI - American National Standards Institute.
- IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers.
- UNE – Norma Europea.
- CNE - Código Nacional de Electricidad, Suministro – 2011.
- DGE - Dirección General de Electricidad MINEM.
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.
- NESC - National Electrical Safety Code.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
- Ley general de Residuos Sólidos N° 27314.
- ASTM - American Society for Testing and Materials.
- AISI - American Iron and Steel Institute.
- SSPC: Steel Structure Painting Council
- AWS: American Welding Society
- ASCE: American Society of Civil Engineers
- AISI: American Institute of Steel Construction
- OSHA - Occupational Safety and Health Administration.

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 24



## CRITERIOS DE DISEÑO

### PRINCIPALES PARÁMETROS DE DISEÑO

- Tensión
  - Tensión nominal del sistema
  - Tensión máxima del sistema
  - Tensión nominal del equipo
  - Tensión máxima del equipo
- Nivel de Aislamiento
  - Tensión soportada a frecuencia industrial
  - Tensión soportada para sobretensiones tipo rayo
  - Tensión soportada para sobretensiones de maniobra
- Corriente Nominal
- Corriente de cortocircuito
- Corriente de cortocircuito en régimen permanente

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 25



## CRITERIOS DE DISEÑO

### OTROS PARÁMETROS DE DISEÑO

- Altura sobre el nivel del mar
- Temperaturas máximas, mínimas medias
- Velocidad y característica del viento
- Polución ambiental
- Pluviometría
- Nivel isocerámico
- Características geotécnicas del terreno
  - Capacidad portante del terreno
  - Agresividad física-química del terreno
  - Características geológicas
  - Nivel freático

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 26



# CRITERIOS DE DISEÑO

## TENSIONES NORMALIZADAS EN EL PERÚ

### 017.A. Niveles de tensión

Podrá continuar utilizándose los niveles de tensión existentes y las tensiones recomendadas siguientes (véase la definición Nivel de Tensión):

Baja Tensión:	Alta Tensión:
380 / 220 V	60 kV
440 / 220 V	138 kV
	220 kV
Media Tensión:	Muy Alta Tensión:
20,0 kV (*)	500 kV
22,9 kV	
33 kV	
22,9 / 13,2 kV	
33 / 19 kV	

(\*) Tensión nominal en media tensión considerada en la NTP-IEC 60038: "Tensiones normalizadas IEC".

**RECOMENDACIÓN:** Para reducir situaciones de riesgo, en el radio de influencia de subestaciones contiguas, no deberá mantenerse sistemas eléctricos de diferentes características para el mismo nivel de tensión, por ejemplo, que subsistan sistemas de 380/220 V con neutro con puesta a tierra múltiple y 220 V sin neutro, esta situación sólo se mantendrá durante el tiempo requerido para su reemplazo dentro del cronograma comprometido con OSINERGMIN.

**NOTA:** El sistema monofásico con retorno total por tierra de la configuración en media tensión 22,9/ 13,2 kV, es una alternativa de aplicación en los proyectos de Electrificación Rural.



# CRITERIOS DE DISEÑO

## NIVELES DE AISLAMIENTO Y TENSIONES IEC

Table 2 – Standard insulation levels for range I ( $1kV < U_m \leq 246 kV$ )

Highest voltage for equipment [kV] (r.m.s. value)	Standard rated short-duration power-frequency withstand voltage kV (r.m.s. value)	Standard rated lightning impulse withstand voltage kV (peak value)
3,6	10	20
		40
7,2	20	40
		60
12	28	75
		95
17,5 *	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	110
50 *	95	250
		325
72,5	140	325
100 *	(150)	(200)
	185	450
	(185)	(450)
123	230	550
		550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	550
	(230)	(550)
170 *	275	550
	325	750
	(275)	(550)
	(325)	(750)
245	360	550
	395	950
	460	1050

Table 3 – Standard insulation levels for range II ( $U_m > 246 kV$ )

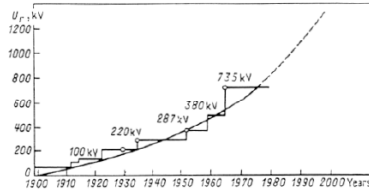
Highest voltage for equipment [kV] (r.m.s. value)	Standard rated switching impulse withstand voltage			Standard rated lightning impulse withstand voltage* kV (peak value)
	Longitudinal insulation* kV (peak value)	Phase-to-earth kV (peak value)	Phase-to-phase (ratio to the phase-to-earth peak value)	
300 *	750	750	1,80	850
				950
362	750	850	1,50	950
				1050
362	850	850	1,80	950
				1050
362	850	950	1,50	1175
				1050
420	850	850	1,60	1050
				1175
420	950	950	1,50	1300
				1300
420	950	1050	1,80	1425
				1175
550	950	950	1,70	1300
				1300
550	950	1050	1,80	1425
				1425
550	950	1175	1,50	1550
				1550
550	1175	1300	1,70	1675
				1800
550	1175	1425	1,70	1800
				1950
550	1175	1550	1,80	1950
				2100

Referencia: Norma IEC 60071-1

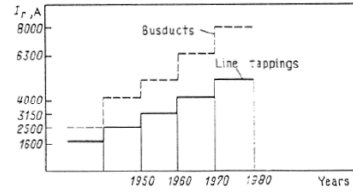




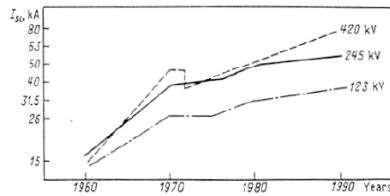
## EVOLUCIÓN PARAMETROS ELECTRICOS DE DISEÑO



1. Crecimiento de las tensiones nominales de aparamenta



2. Crecimiento de las intensidades nominales de aparamenta



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 29

**ABB**

## CRITERIOS DE DISEÑO COORDINACION DEL AISLAMIENTO

**Coordinación de aislamiento:** es la selección de la tensión soportada normalizada de los equipos teniendo en cuenta las **sobretensiones** que pueden aparecer, así como los medios de protección que se pueden instalar y las condiciones ambientales de la zona, para obtener un riesgo de fallo aceptable.

### Clasificación del aislamiento

#### • Primera clasificación:

- Aislamiento autorregenerable: recupera sus propiedades cuando desaparece el contorneo y las causas que lo han provocado
- Aislamiento no autorregenerable: puede quedar total o parcialmente averiado después de una descarga disruptiva

#### • Segunda clasificación:

- Aislamiento externo: es la distancia a través del aire o de una superficie exterior en contacto con el aire sometido a sollicitaciones dieléctricas y ambientales (humedad y contaminación)
- Aislamiento interno: es la parte interna del aislamiento de un equipo eléctrico que está protegido de las sollicitaciones ambientales mediante una o varias envolventes

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 30

**ABB**

## CRITERIOS DE DISEÑO COORDINACION DEL AISLAMIENTO

### METODOS DE CALCULO:

1. Según Norma IEC 60071-1/71-2; Calcular las tensiones representativas, tensiones soportadas de coordinación, tensión soportada requerida, selección de tensión normalizada, selección del aislamiento.
2. Método estadístico : que consiste en modelar el tipo de frente de onda que ocurrirá ante descargas atmosféricas directas e indirectas sobre la Línea de Transmisión y su efecto sobre los equipos del Patio de Llaves ante operación de los pararrayos.

En ambos considerar el efecto del pararrayo en la reducción del aislamiento para realizar un diseño optimo y eficiente

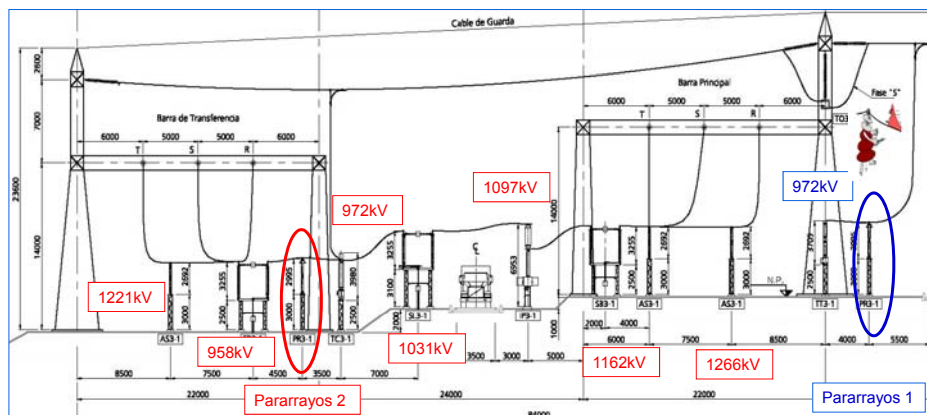


© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 31

**ABB**

## CRITERIOS DE DISEÑO COORDINACION DEL AISLAMIENTO

RESULTADOS DE COORDINACIÓN DEL AISLAMIENTO (SE DOBLE BARRA EN U 245 kV-4350 msnm)



Equipos seleccionados: Aisladores soporte 1300kV-BIL; Seccionadores/Interruptores: 1175kV-BIL(Simple cámara); Transformadores de medida 1050kV-BIL

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 32

**ABB**

## CRITERIOS DE DISEÑO OTROS TÓPICOS DE DISEÑO

- ❖ Coordinación del Aislamiento y Selección de Pararrayos
- ❖ Distancias de Seguridad
- ❖ Selección de Barras y Conductores
- ❖ Cálculo y selección de Cadenas de Aisladores y Aisladores soporte
- ❖ Sistema de Apantallamiento
- ❖ Diagramas de Cargas en Pórticos y soportes de equipos
- ❖ Cálculo de Jaula de Faraday
- ❖ Sistema de Puesta a Tierra
- ❖ Cables de Energía BT
- ❖ Servicios Auxiliares
- ❖ Iluminación y Fuerza Exterior e Interior

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 33

**ABB**



## APLICACIONES ESPECIALES

© ABB High Voltage Products  
February 20, 2013 | Slide 34

**ABB**

## SOLUCIONES ESPECIALES

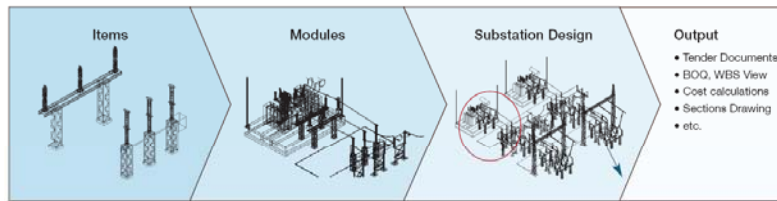


ABB Innovative Switchgear Modules with the disconnecting function either built on or integrated into the circuit breaker

Combined

PASS

Compass

Compact

DCB 145kV with built-in current transformers and closed earthing switch



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 35

**ABB**

## APLICACIONES CON EQUIPOS CONVENCIONALES E HIBRIDOS COMPATOS (PASS-ABB)

### SUBESTACION 50KV A 5000 msnm

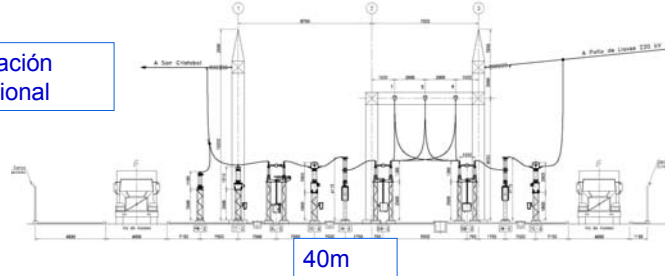
© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 36

**ABB**

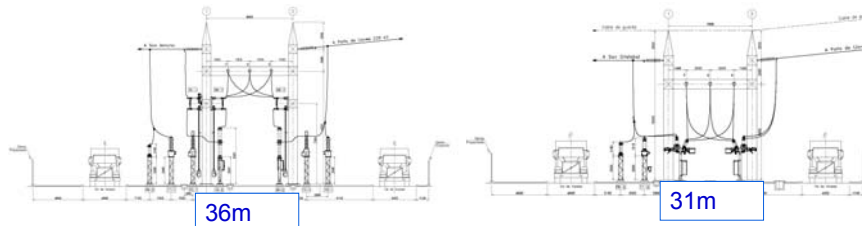
## APLICACIONES

### Equipo Convencional – Disposición Horizontal/Vertical y PASS

Configuración  
Convencional



40m



36m

Configuración  
Convencional-Vertical

31m

Configuración  
Híbrida-PASS

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 37

**ABB**

## APLICACIONES CON EQUIPOS CONVENCIONALES E HIBRIDOS COMPATOS (PASS-ABB)

SUBESTACION 245/138/60KV < 1000 msnm

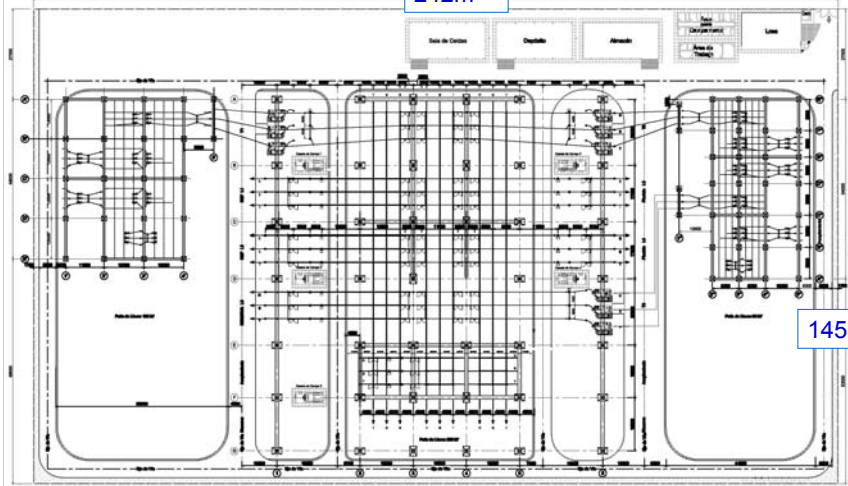
© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 38

**ABB**

## APLICACIONES ESPECIALES

Doble Barra en U 220/138/60 kV- Equipamiento Convencional

242m



145m

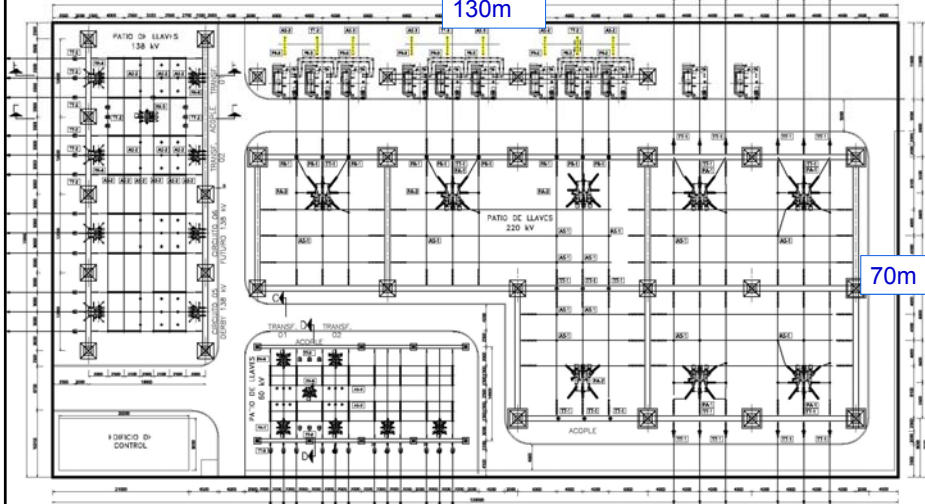
© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 39

**ABB**

## APLICACIONES ESPECIALES

Doble Barra en U 220/138/60 kV- Equipamiento Hibrido

130m



70m

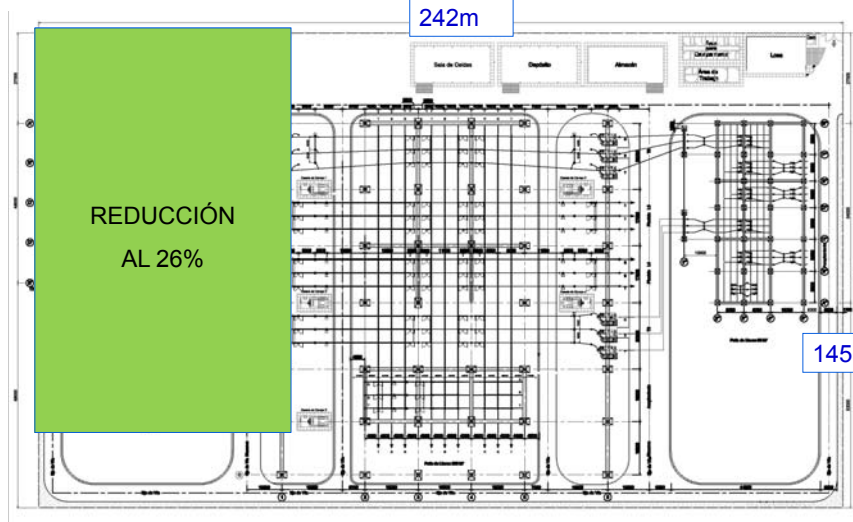
© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 40

**ABB**



## APLICACIONES ESPECIALES

Doble Barra en U 220/138/60 kV- Convencional/Híbrido



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 41

**ABB**

## 72.5 kV Line bay module

72.5 kV  
Line bay module



Disconnecting Circuit breaker  
Grounding switch  
Voltage transformer  
Current transformer  
Surge arrester

Saves cost on land and foundations

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 42

**ABB**

# APLICACIONES ESPECIALES

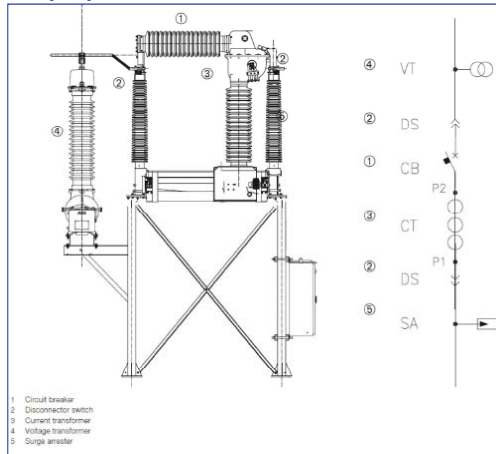
## SUBESTACIONES CON EQUIPOS COMPASS

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 43



# APLICACIONES ESPECIALES

## Equipos COMPASS



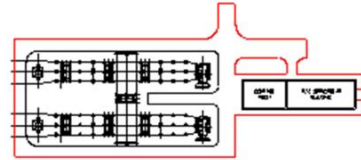
© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 44



## APLICACIONES ESPECIALES Equipos COMPASS

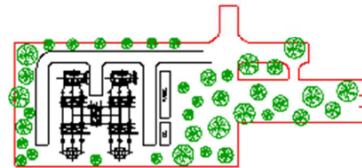
S/S space comparison  
Comparison between AIS and COMPASS

*Conventional  
configuration*  
total area: 2600 m<sup>2</sup>  
switchyard: 930 m<sup>2</sup>



Small area for switchyard

*Compass  
configuration*  
total area: 1200 m<sup>2</sup>  
switchyard: 300 m<sup>2</sup>



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 45

**ABB**

## APLICACIONES ESPECIALES

### SUBESTACIONES DCB

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 46

**ABB**

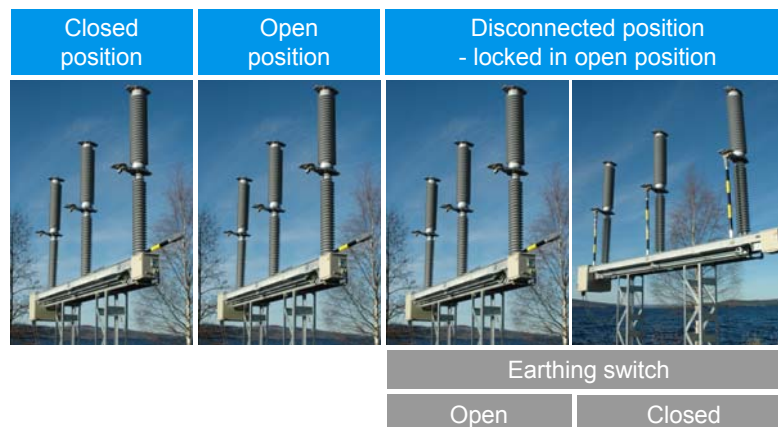
## Improving grid performance Outage reduction with DCB + live disconnection of link

	Conventional solution	Disconnecting Circuit Breaker solution	
	Bay unavailability (hours/year)	Bay unavailability (hours/year)	
	<b>2.3</b>	<b>0.8</b>	
Busbar unavailability (hours/year)	Busbar unavailability (hours/year)		
<b>0.8</b>	<b>0.00</b>		

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 47

**ABB**

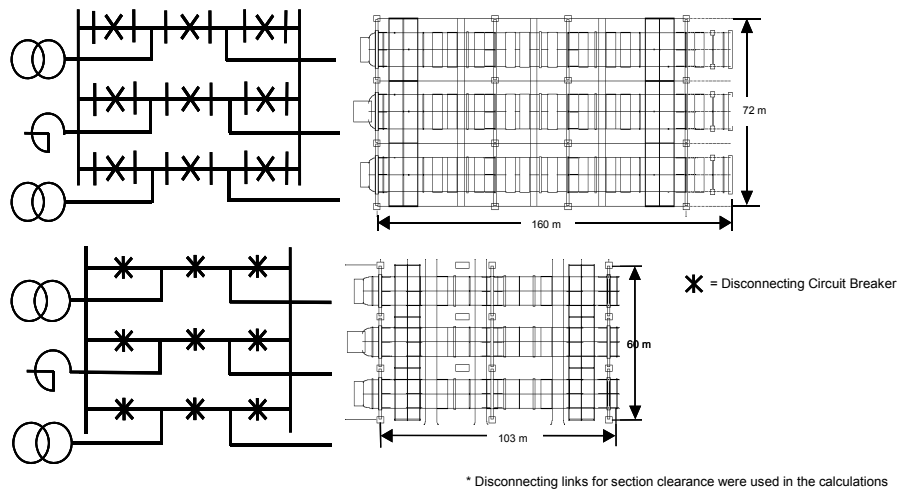
## Interlocking functions Increased safety with highly reliable interlocking



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 48

**ABB**

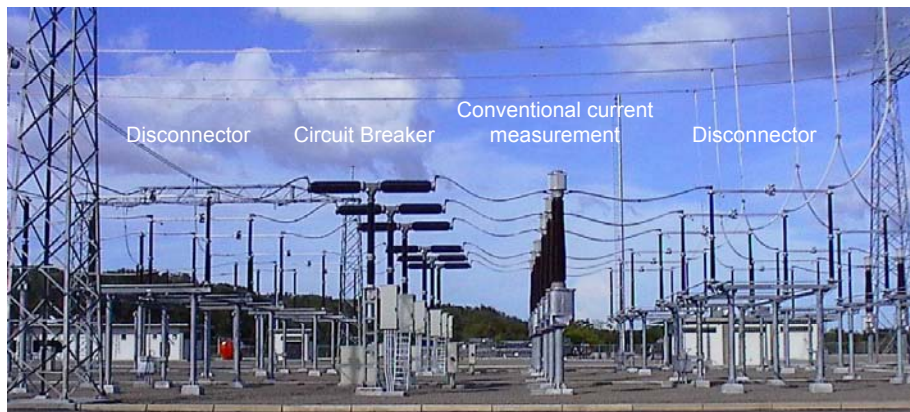
## Saving space and money Overview 420 kV 1½ breaker solution



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 49

**ABB**

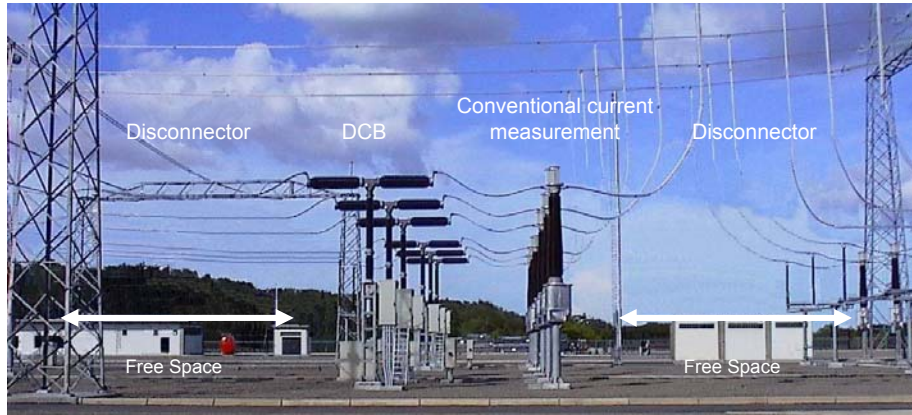
## Saving space and money Removal of disconnectors 420 kV example



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 50

**ABB**

## Saving space and money Removal of disconnectors 420 kV example

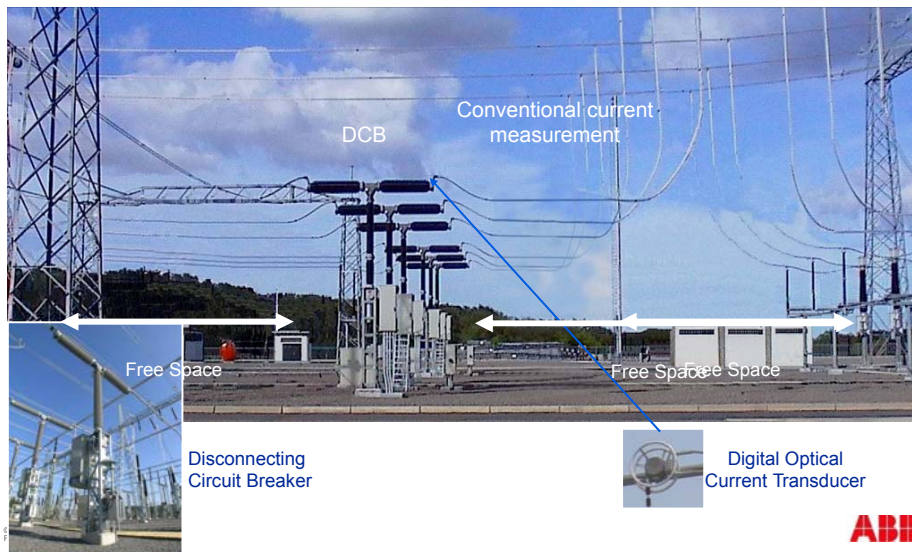


Reduced Space!, Increased Availability!, Lowered Costs!

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 51

**ABB**

## Saving space and money Removal of conventional CT 420 kV example



**ABB**



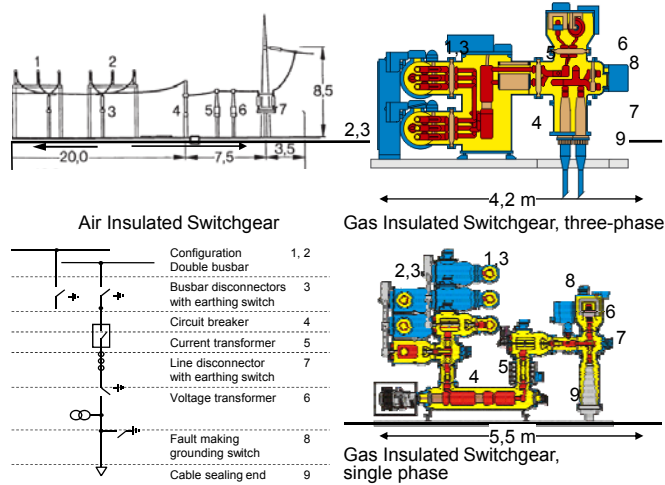
# APLICACIONES ESPECIALES

## SUBESTACIONES GIS

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 53



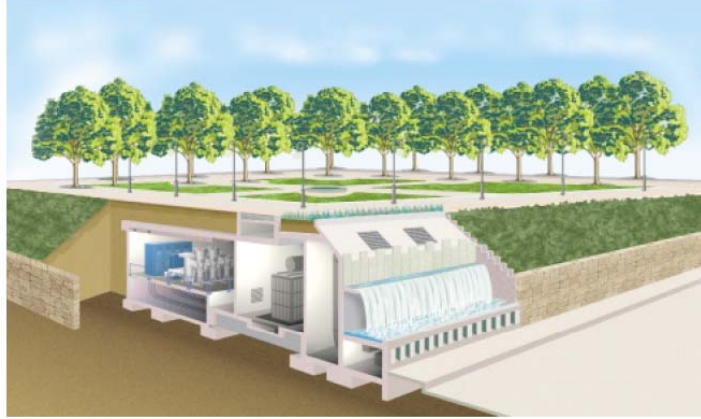
### Technology of Gas Insulated Systems GIS Functions – Overview about available switching functions



© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 54



## SUBESTACIONES GIS



La utilización de equipos eléctricos con aislamiento por gas de ABB permitió ubicar la subestación de Barbaña, de 132 kV, en el subsuelo del centro de Orense, localidad del norte de España, y construir sobre ella un parque que armoniza con el entorno. La cascada actúa como intercambiador de calor y, además, cubre el ruido que hacen los ventiladores.

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 55

**ABB**

## SUBESTACIONES GIS



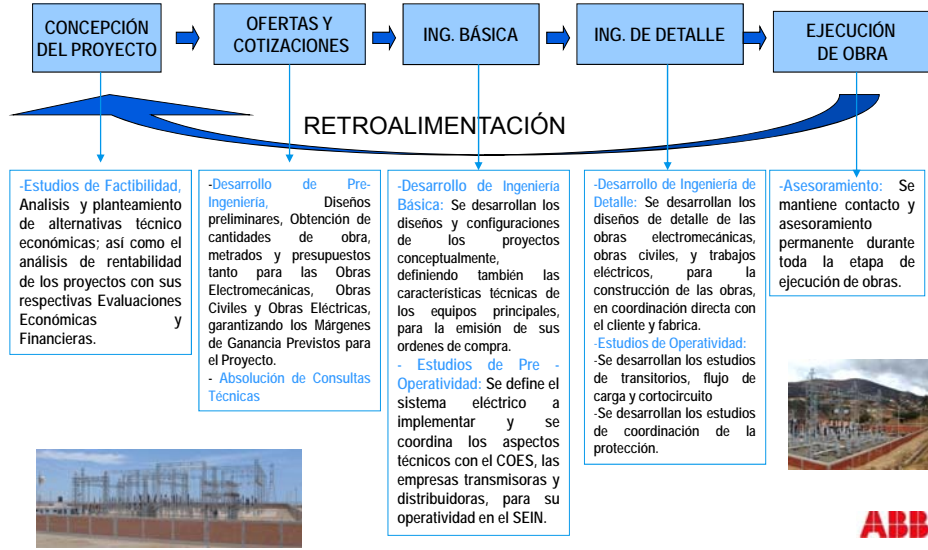
96% volume reduction  
(GIS type ELK-3 400 kV compact substation compared to AIS substation)  
Land cost saving - Minimized aesthetic impact on the local environment

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 56

**ABB**

# ABB-PERU POWER SYSTEMS DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

ASESORIA Y CONSULTORIA PERMANENTE AL CLIENTE



## PROCESO DE INGENIERIA

- Nuestro Proceso de Ingeniería esta Certificado con ISO -9001





Una cadena de suministro completa

© ABB Group  
February 20, 2013 | Slide 59

**ABB**

Power and productivity  
for a better world™

**ABB**