

# Formulación de un Marco de Referencia de Convergencia IT/OT

G. Pancho †      F. Galarza ‡

† *Universidad de las Américas*

‡ *Corporación Centro Nacional de Control de Energía, CENACE*

**Resumen**— La convergencia entre las tecnologías operacionales y de información, está determinando cambios importantes en los modelos de negocio de las empresas de la vertical de Utilities, que van desde la formulación de nuevos procesos de gestión técnica, la redefinición de estructuras organizacionales, hasta nuevas orientaciones en la estrategia de desarrollo de aplicaciones y servicios. Desde una perspectiva más amplia, la convergencia IT-OT, ha sido la habilitadora de la tendencia que está determinando el futuro del servicio de electricidad: Smart Grids.

El presente artículo presenta los conceptos e impulsores más relevantes de la convergencia IT-OT, a partir de lo cual se formula un marco de referencia que identifica los modelos, disciplinas y procesos que deben ser considerados para una evolución ordenada.

**Palabras clave**— Convergencia IT-OT, Marco de Referencia, CENACE, Gobierno IT/OT, Estándares, Mejores Prácticas.

**Abstract**— In the convergence between operations and information technologies, important changes are determined in the business models of vertically integrated Utility companies, which range from the formulation of new technical management processes and the redefining of organizational structures, to new directions for the strategic development of applications and services. From a wider perspective, the IT-OT convergence has enabled the trend which is changing the future of electricity services: Smart Grids.

This article presents the concepts and driving forces which are most relevant to the IT-OT convergence, from which a framework is formulated that identifies models, disciplines and processes that should be considered during an orderly development process.

**Index Terms**— IT-OT Convergence, Framework, CENACE, IT/OT Government, Standards, Best Practices.

## 1. INTRODUCCIÓN

La integración de la tecnología operacional y de información es una exigencia que permitirá a las empresas la generación de oportunidades de crecimiento en varias aristas.

El aporte de esta investigación tiene que ver con una mejor conceptualización del gobierno de los temas IT/OT, la homogenización y optimización de procedimientos, estándares y prácticas especialmente en el lado OT, donde en el caso de CENACE, se soportan sistemas de misión crítica como el EMS, WAM y futuro SPS<sup>1</sup>.

## 2. CONCEPTOS E IMPULSORES

La Tecnología Operacional, en adelante OT (por sus siglas en inglés: Operational Technology) ha sido tradicionalmente un enfoque asociado a sistemas de tecnología e información que actúan sobre procesos físicos, en los que coexisten máquinas, sensores y actuadores; con una dinámica de procesamiento en tiempo real, con intervención en el lado de usuarios u operadores, en los que su competencia se relaciona en áreas de ingeniería, eléctrica, electrónica, industrial, entre otras.

OT- Operational Technology se define como “el equipamiento, dispositivos, sensores y software utilizados para controlar o monitorear activos físicos y procesamiento en tiempo real con el propósito de mantener la integridad del sistema”. Como ejemplo se pueden citar a los sistemas clínicos y equipamiento médico en empresas de salud, equipamiento automatizado utilizado en manufactura, sistemas de transmisión eléctrica, sistemas SCADA, sistemas de control, entre otros.

Por su parte la Tecnología de Información, en adelante IT (por sus siglas en inglés: Information Technology) se ha referido a soluciones informáticas transaccionales que interoperan sobre motores de bases de datos, con arquitecturas lógicas multicapa que extienden su aplicación a redes LAN-WAN.

<sup>1</sup> EMS: Energy Management System. WAM: Wide Area Measurement, SPS: Systemic Protection System

IT – Information Technology se define como el “conjunto de recursos, procedimientos y técnicas utilizadas en el procesamiento, almacenamiento y transmisión de la información, denominados sistemas de información” [1]. La responsabilidad de aquello incluye, entre otros aspectos, la administración de red, desarrollo de software, la gestión y planeamiento del ciclo de vida de la tecnología dentro de la organización, etc. Como ejemplo se pueden citar los sistemas ERP, sistemas de gestión de contenido SCM, etc.

A continuación se despliega un cuadro comparativo entre sistemas IT y OT:

	IT	OT
Propósito	Gestión de información, Automatización de procesos de negocio	Manejo de activos, Procesos de Control
Arquitectura	Transaccional o Batch, bases de datos relacionales o texto	Tiempo Real, Software embebido
Interfaces	Navegador web, Terminales y teclado	Sensores, Displays codificados
Propietario	CIO, Ingenieros de Informática, Finanzas, Adquisiciones	Ingenieros técnicos, Gerentes de línea de negocios
Conectividad	Red Corporativa, basada IP	Redes de control (en incremento redes IP y wireless)
Ejemplos	ERP, SCM, CRM, E-mail	SCADA, PLCs, Sistemas de Control, Modelamiento

Figura 1: Cuadro comparativo IT/OT

Fuente: Gartner

Son varios los tipos de industrias que históricamente han creado una separación entre IT y OT, como una forma de especialización natural y de priorización, desde la organización departamental, hasta los procesos y las prácticas de gestión y los perfiles de los profesionales a cargo. De hecho los sistemas OT eran creados como sistemas propietarios, con base a tecnología específica, normalmente más costosa, que responda a estándares operativos de mayor exigencia.

El incremento exponencial de los últimos 5 años en cuanto a capacidad de procesamiento, comunicación de datos, velocidad de redes, y la introducción de nuevas tecnologías tales como: Internet of things, in memory computing, fabric, cloud computing, entre otras, han determinado un nuevo entorno de capacidades

y prestaciones del entorno IT para responder a las exigencias de la computación de alto desempeño (HPC: High Performance Computing).

Esta convergencia IT-OT no solo se refleja en la estandarización del uso de tecnologías para todo propósito, sino también en el homogenización de las prácticas de gestión. El enfoque hacia la gestión de servicios, con un ciclo que va desde lo estratégico hasta lo operacional, el gobierno de IT y la gestión de proyectos, se constituyen en elementos transversales.

La integración IT-OT no es opcional, es una realidad de aplicación mandatoria, para que las inversiones en proyectos OT sean viables y óptimas y para que la operación de soluciones sea sustentable en términos de eficiencia y eficacia.

El impacto de esta convergencia ha determinado en la industria incluso el replanteamiento de los modelos de negocio por parte de algunos proveedores representativos de OT, con estrategias de compra de empresas de IT para incorporarlas en sus procesos de I&D&i. El apareamiento de las redes inteligentes (en inglés: Smart Grids), es la evidencia más notoria de la inmersión de IT en la tecnología operacional a todo nivel, que sustenta el proceso industrial que a su vez soporta el servicio de la electricidad.

### 3. MARCO DE REFERENCIA PARA DESPLEGAR LA INTEGRACIÓN IT – OT

La convergencia IT-OT es una realidad que se robustece con el desarrollo integrado e interoperable de las nuevas tecnologías y las nuevas prácticas, que plantea también un desafío a las empresas clientes: ¿cómo realizar una adopción estructurada, a la medida de cada realidad?. La mejor aproximación de respuesta es formular un Marco de Referencia de Integración IT-OT.

Un Marco de Referencia, por concepto se constituye en una guía y una referencia para la aplicación de una disciplina, con una naturaleza flexible por no ser prescriptiva en su aplicación, pero que a su vez considera los elementos esenciales, para que su aplicación sea efectiva, con orientación hacia la calidad y con control de los riesgos.

La figura que se presenta a continuación ilustra los elementos esenciales del Marco de Referencia de Integración IT-OT.





Figura 2: Marco Referencia – Integración IT-OT

El Marco de Referencia referido pretenderá responder a las siguientes incógnitas:

- ¿Cuáles serían los procesos de gestión de infraestructuras IT-OT?
- ¿Cuál sería un modelo organizacional de una Unidad Técnica a cargo de la gestión de infraestructuras IT-OT?
- ¿Cuáles serían los elementos para asegurar la integración e interoperabilidad de una infraestructura IT-OT?
- ¿Cómo identificar el nivel de alistamiento y madurez de una organización en cuanto a aplicar la integración IT-OT y sus posibles niveles de evolución?
- ¿Cómo el Gobierno y la Arquitectura empresarial puede facilitar la integración de IT-OT?

### 3.1. Organización y Procesos

La organización de las Unidades de Gestión de Tecnología, o denominaciones equivalentes, afrontan ahora mismo una reingeniería, a fin de afrontar su nuevo rol: de amplificador de la estrategia empresarial a través del uso inteligente de las tecnologías. Los estándares y nuevas prácticas con este propósito son múltiples, así ITIL, COBIT, ISO 20000, ISO 27000, entre otros, son ejemplos reales, sin contar con instrumentos propios que han ido conceptualizando las grandes corporaciones, proveedoras de soluciones.

Una estructura organizacional bien diseñada se basa en principios de base claros formulados a partir de buenas prácticas. La orientación de diseño basada en servicios es una alternativa que otorga visibilidad y flexibilidad de la organización de IT-OT.

El gráfico que se despliega a continuación sugiere que es menos importante encontrar un organigrama, pero, en

cambio la identificación de procesos, funciones y roles, así como las habilidades y competencias son en realidad los elementos centrales del problema a resolver.

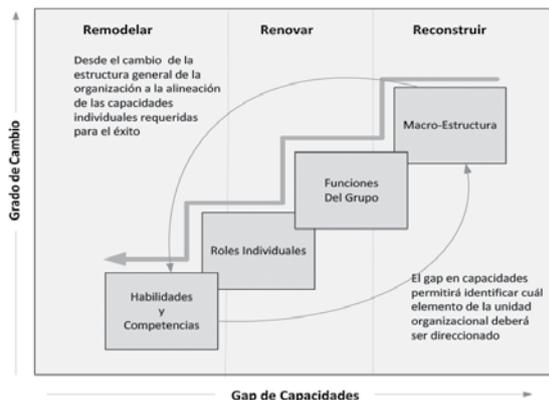


Figura 3: Marco Referencia – Integración IT-OT

Fuente: Gartner

Algunas premisas de base que se constituyen en criterios de referencia para formular una organización y sus procesos se indican a continuación:

Procesos integrados y transversales para la gestión de infraestructura IT-OT: data center, redes, *networking*, etc.

- Despliegue de la función de mesa de servicio (helpdesk) con SLAs diferenciados, uno para la función informática estándar y otro para los servicios de misión crítica, en el que se incluya a los servicios derivados de los sistemas OT.
- Despliegue de una PMO única (del inglés: Project Management Office), responsable de la administración de iniciativas IT-OT, que estandarice las prácticas a través de grupos procesos estandarizados para el gobierno de proyecto: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control y cierre. Pero para el caso de iniciativas OT, mantenga las particularidades y buenas prácticas de la ingeniería de campo.
- Creación de áreas de aplicaciones con exclusividad de personal en el tema OT, a fin de que procesos técnicamente sensibles, dispongan de una atención dedicada en cuanto a gestión de cambios y configuración.

En forma previa a un rediseño organizacional y a la definición de posiciones, es indispensable introducir los conceptos de funciones y roles.

Las funciones representan la manera como la organización de IT-OT asegura que exista una asignación clara de procesos. Cada función tiene el aporte de profesionales que ejercen un conjunto de roles asociados, y a su vez, cada rol una serie de responsabilidades. Aunque

el número de funciones pueden variar dependiendo de cada caso, en la industria se han identificado 7 principales. La siguiente tabla ilustra además las funciones y la naturaleza del trabajo de cada área<sup>2</sup>:

**Tabla 1: Función y procesos IT – OT**

Función	Procesos IT-OT	Naturaleza del trabajo
Soporte	Servicio al cliente Gestión de problemas	No estructurado (interrupciones)
Operacional	Gestión de operaciones Servicio de monitoreo y control	Planificado – repetitivo
Servicio	Gestionar acuerdos corporativos de TI Alineamiento tecnología – negocio	Planificado – enfoque de largo plazo
Compliance	Gobierno, riesgo y cumplimiento	Planificado – repetitivo
Arquitectura	Gestionar Arquitectura	Planificado – enfoque de largo plazo
Proyectos	Gestionar Proyectos: Definición Planificación Ejecución Seguimiento y control Cierre Evaluación impacto de proyectos	Planificado – enfoque de corto plazo
Gerencia	Gestionar políticas Gestionar parte financiera Gestionar portafolio de TI Gestionar continuidad de negocio Alineamiento tecnología – negocio Cambio y configuración Staff y organización Gobierno, riesgo y cumplimiento	Planificado – enfoque de largo plazo

Sobre esta base se definen algunas “buenas prácticas”:

- Separar las funciones con actividades planificadas de aquellas de tipo no estructuradas (con interrupciones).
- Enfocarse a la automatización de actividades planificadas y repetitivas.
- Asignar al personal adecuado en los roles adecuados.
- Empoderar al personal, quién es a su vez responsable de rendir cuentas por el cumplimiento de las responsabilidades asignadas.
- Combinar las funciones y roles según sea apropiado, para tener una aproximación de las posiciones.

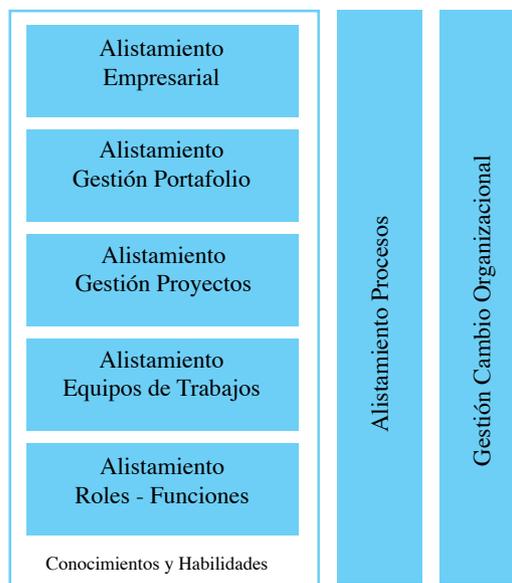
<sup>2</sup> Funciones: la forma en que la organización de IT opera para asegurar que los trabajos necesarios son realizados mediante asignaciones específicas a un responsable, quién rinde cuentas por lo ejecutado.

• Responsabilidad: los detalles del trabajo que debe ser realizado por un rol tipo.  
• Rol: conjunto de responsabilidades. Dependiendo del tamaño de la organización de IT, varios roles pueden ser realizados por una persona, o un rol específico puede tener asignación de múltiples profesionales.

### 3.2. Alistamiento

En base a lo sustentado, es claro que la integración IT-OT no solo es un concepto, sino también un proceso de evolución y una estrategia de alineamiento, cuya adopción requiere de habilitadores que se los construye de manera secuencial.

El modelo de alistamiento, representa una contextualización de estos habilitadores. La siguiente figura ilustra lo indicado.



**Figura 4: Elementos de Alistamiento**

El alistamiento es una medida de la brecha que existe entre la situación actual y una deseada, en términos de conocimientos, habilidades, procesos, organización, personas y cultura para evolucionar a una integración IT-OT.

El alistamiento puede evaluarse en varios niveles, desde lo empresarial, a equipos de trabajo e individuos. En lo empresarial, el alistamiento se refiere a la capacidad de formular estrategias organizacionales, gestión de portafolios y proyectos, que enfrenten a las iniciativas de IT-OT en forma integral, con un mapa de ruta de desarrollo de mediano plazo. En el nivel de equipos de trabajo, se refiere a la capacidad de que los profesionales de IT y OT profesionalicen la gestión de proyectos y la operatividad en forma estructurada en base a roles y funciones, que tomen en cuenta estándares de dirección y gestión aceptados por la industria. Finalmente, los procesos y la estructura orgánica son elementos transversales del modelo de alistamiento.

### 3.3. Tecnología de base, aplicaciones e información

La tecnología de base que incluye a la infraestructura de procesamiento, redes, almacenamiento, seguridad y monitoreo, tiene desde hace varios años una convergencia IT-OT. Los sistemas propietarios no forman parte de las soluciones actuales OT. Es más, existe la perspectiva de una mayor utilización de la computación en nube y arquitecturas híbridas como parte de los sistemas de misión crítica. En cambio en lo relativo a la tecnología de base que soporta la capa de instrumentación y actuación sobre los procesos físicos, aún se mantienen particularidades que no son extensivas hacia lo IT (referencia estándar IEC 61850).

La integración IT-OT a nivel de las aplicaciones está condicionado a lo que los proveedores realicen. En las suites asociadas a la gestión de energía y de la distribución, predominan aplicativos de core que son desarrollados en base a una arquitectura tradicional, enfocado a lo especializado en OT, sin considerar enfoques de SOA, ESB y BPM. No obstante, la tendencia es que las soluciones vayan migrándose a estos nuevos enfoques; sin embargo, el segmento donde más es visible la integración IT-OT son las aplicaciones de inteligencia de negocios y en los servicios de movilidad.

Finalmente en lo relativo datos e información, se experimenta una transición desde los motores de base de datos de tipo propietarios a los de tipo comercial, aquello en función de los niveles de confiabilidad y rendimiento que actualmente tienen estas tecnologías.

### 3.4. Gobierno y Arquitectura Empresarial

La integración del Gobierno de IT - OT es un factor crítico de éxito para construir una empresa conectada, con una gestión por procesos, que evite silos funcionales. Estos objetivos de control se sustentan en bases sólidas, tal como se ilustra en la siguiente figura.



Figura 5: Integración de gobierno IT/OT  
Fuente: Gartner

Para implementar un gobierno de negocio/IT efectivo y confiable, se recomienda nombrar un representante en el grupo de directivos claves, que asuma la visión de la convergencia IT-OT en la empresa, involucrando a las áreas de IT, OT y otros potenciales interesados.

A fin de integrar la tecnología digital, estándares y conexiones, se debe tener la flexibilidad de aceptar las variaciones entre arquitecturas IT-OT, pero con un planeamiento integrado, derivado de la arquitectura empresarial modular e interoperable.

Con el propósito de desplegar un gobierno de información y procesos de negocio, debe entenderse a esta como práctica de nivel estratégico y no como una cuestión de tecnología.

### 4. CASO DE APLICACIÓN: CENACE

A fin de aplicar el marco de referencia descrito en secciones previas, se ha considerado el caso de CENACE en donde coexisten sistemas y procesos IT-OT a los que se puede aplicar una estrategia de convergencia, tal como se indica continuación.

Tabla 2: Identificación de Sistemas

IT	OT
Sistemas representativos:	EMS
SIREM	WAM
ERP	SIMEC
ePSR	SPS
SIVO	SICOMB
BOSNI-SAM	
Y otros 50 aplicativos	

Tabla 3: Identificación de Unidades Organizacionales

IT	OT
	DSI-EMS
	DSI - Sistema Remoto
DSI-Informática	DSI - SMEC
	DSI - SICOM
	DOP - WAM
	DPL - DOP - SPS

#### a) Organización y Procesos (criterios de rediseño)

- Gestión transversal de infraestructura y redes.
- Gestión transversal de bases de datos
- Gestión especializada de aplicaciones OT:
- EMS+WAM+SPS

- SIMEC+SICOMB+Sistema Remoto
- Gestión especializada de aplicaciones BMS: ePSR+SIMEM+SIVO+BOSNI+SAM
- Gestión transversal de aplicativos IT.

Gestión transversal de proyectos a través de una PMO IT-OT

**b) Alistamiento actual**

- A nivel de empresa: alistamiento bajo
- A nivel de portafolios y proyectos: alistamiento medio.
- A nivel de equipos de trabajo: alistamiento medio.
- A nivel de roles y funciones: alistamiento bajo.
- A nivel de procesos: alistamiento medio.
- A nivel de cambio organizacional: alistamiento bajo.

**c) Tecnología de base, aplicaciones e información**

Tabla 4: Tecnología, aplicaciones e información

Elemento	EMS, SIMEC, SICOMB, SPS, Sistemas BMS-IT
Tecnología base	<p><b>IT-OT:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arquitecturas 64 bits</li> <li>• Blades, Platform</li> <li>• SO: Windows Server y Linux</li> <li>• Servidor Aplicaciones: Web Logic, OAS</li> <li>• Redes SAN</li> <li>• Redes LAN-6"</li> <li>• Infraestructura NAS</li> <li>• Virtualización</li> <li>• Clúster</li> </ul>
Aplicaciones	<p><b>OT:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de red</li> <li>• Control de Generación</li> <li>• SCADA</li> <li>• Integridad y calidad de datos</li> </ul> <p><b>IT:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ERP</li> <li>• SIMEM</li> <li>• Epsr</li> <li>• ... y otras 30</li> </ul> <p><b>IT-OT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PI de Otisoft</li> <li>• ROAMBI</li> </ul>
Datos e Información	<p><b>IT-OT:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas transaccionales: MS SQL y ORACLE</li> <li>• BDD de tiempo real</li> </ul>

**Gobierno y Arquitectura Empresarial:**

- Desplegar la aplicación de los siguientes estándares IT-OT: ITIL, COBIT, ISO 27000, ISO 22301.
- Desplegar la aplicación de los siguientes estándares OT: NERC-CIP, IEC 61850, CIM
- Formular una arquitectura futura basada en SOA con base a un ESB.
- Rediseño de procesos en base a BPM.

**5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Actualmente no existe iniciativa o proyecto de tecnología empresarial en la vertical de Utility que no requiera de una convergencia IT-OT en la conceptualización, planificación, implantación, despliegue y operación de las soluciones.

El desarrollo histórico de OT fuera del ámbito de la organización de IT es un obstáculo para reconocer el potencial estratégico de inversiones en tecnología.

La convergencia IT/OT genera en las empresas grandes oportunidades para:

- Reducir costos operacionales, de soporte, de adquisición de software, entre otros.
- Disminuir silos en las unidades de negocio.
- Reducir el riesgo en el ámbito de cybersecurity y de fallas debido a un inadecuado manejo de software OT.
- Incrementar el desempeño, unificando equipos de proyecto con las habilidades idóneas.
- Incrementar madurez en los mecanismos de gobierno TI y OT
- Optimizar el modelo de negocio

El marco de referencia IT/OT permite encontrar enfoques estructurados hacia la eficiencia, la reducción de riesgos operacionales y una mejor gestión de proyectos combinados IT/OT.

Para el caso de CENACE la convergencia IT-OT se considera:

- Por fortalecer, desde el punto de vista de organización y procesos.
- Respecto al alistamiento con un nivel global entre medio y bajo.
- En lo relativo a infraestructura, aplicaciones e información, casi listo, debido a la adecuada estrategia de modernización de los nuevos sistemas IT-OT.
- Desde el punto de vista de gobierno y arquitectura empresarial, se debe dar continuidad en la adopción de estándares.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] Wikipedia: Information Technology, [http://en.wikipedia.org/wiki/Information\\_technology](http://en.wikipedia.org/wiki/Information_technology)



- [2] Artículos Gartner: a) IT and OT Intersection and Collaboration, b) Why Should I Care About Operational Technology?, c) The Value of IT and OT Integration, d) The Management Implications of IT OT Convergence, e) Architecting the Convergence of OT and IT
- 



Germán Pancho Carrera.- Ingeniero en Electrónica y Control otorgado por la Escuela Politécnica Nacional (EPN-1996). Master en Gerencia de Sistemas obtenido en la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE-2003). Su actividad profesional se ha enfocado a la docencia universitaria y al desarrollo de proyectos de tecnologías de información. Actualmente ejerce las funciones de Director de la Maestría en Gerencia de Sistemas de la Universidad de las Américas y de Subgerente de Planificación y Gestión de la Empresa Estratégica COCASINCLAIR EP.



Fernanda Galarza Herrera, nació en Quito en el año 1980, recibió su título de Ingeniera de Sistemas y Computación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en Quito en año 2005; y su título de Diplomado de Gestión de Servicios de la Tecnología de Información en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en el año 2008. Sus áreas de investigación están en el ámbito de la Gestión de Tecnologías de Información. Actualmente ejerce sus funciones como Ingeniera de Informática en la Corporación CENACE.