

Proyecto SGDes. Sistema de Gestión de Desmantelamiento de Enresa

M. Fernández López y A. De Julián

Enresa, la empresa pública responsable de gestionar los residuos radiactivos generados en España y el desmantelamiento de las instalaciones nucleares una vez haya finalizado su vida operativa, ha diseñado un sistema de información para el Desmantelamiento de Centrales Nucleares (SGDes), crítico para la compañía. Este sistema es capaz de responder a las necesidades de gestión que surgen de las actividades operativas de forma eficaz, controlada y segura. Y es que el desmantelamiento de una central es una actividad compleja que exige un riguroso control de las operaciones y para la que se requiere una gran especialización, sistematización de procesos y seguridad, tanto desde el punto de vista humano como tecnológico.

ENRESA, the public company responsible for managing radioactive waste produced in Spain and nuclear facilities decommissioning work, has developed a management information system (SGDes) for the decommissioning of nuclear power plants, critical for the company. SGDes system is capable of responding to operational needs for efficient, controlled and secure way. Dismantling activities require a rigorous operations control within highly specialized, process systematization and safety framework, both the human and technological point of view.

ANTECEDENTES

La experiencia acumulada por Enresa tras el desmantelamiento de Vandellós I, Pimic y los trabajos previos que ya se estaban realizando para el desmantelamiento de la instalación de José Cabrera, permitieron definir unos procesos de gestión maduros y exportables a cualquier proyecto de desmantelamiento.

Hasta ese momento, Enresa sólo disponía para esa actividad de algunas aplicaciones aisladas y limitadas a procesos concretos que habían sido utilizadas en esos proyectos, pero mostraban importantes carencias.

Por todo ello, el V Plan de Sistemas y Tecnologías de la Información 2007-2009 de Enresa identificaba la necesidad de diseñar y construir un sistema para la gestión de los desmantelamientos de instalaciones nucleares o radiactivas, con vistas al desmantelamiento de la C.N. de José Cabrera.

En febrero de 2007 la Dirección de Enresa aprobó el inicio del proyecto de definición, desarrollo e implanta-

ción del Sistema de Gestión de Desmantelamiento (SGDes). Para ello, se contó con Indra como socio tecnológico y de desarrollo.

OBJETIVOS DEL PROYECTO SGDes

Los objetivos de diseño del SGDes fueron los siguientes:

- Construir un sistema de gestión corporativo, general, adaptable, soporte de los procesos clave de un proyecto de desmantelamiento y clausura, y aplicable a futuros proyectos, que cubriera todos los requerimientos operativos y de gestión definidos.
- Permitir la creación de una fuente de conocimiento reaprovechable en nuevos proyectos, en un marco tecnológico avanzado, flexible y dentro de unas políticas de seguridad definidas.
- Facilitar los trabajos, reduciendo el tiempo necesario para manejar la información, eliminando errores y asegurando la trazabilidad en las operaciones y actividades, en los materiales generados y en general



MIGUEL FERNÁNDEZ LÓPEZ

es diplomado en Informática de Sistemas con 20 años de experiencia. Experto en tecnologías *Microsoft*, tanto de redes de Servidores y Servicios de *Back-end*, como de Plataformas de Desarrollo y Ciclo de Vida del *Software*. Es jefe de Proyecto. Responsable del Área Arquitectura en el es Departamento de Sistemas de Información de Enresa.



ANSELMO DE JULIÁN VIDAL

es jefe de Proyecto. Responsable del Sistema de Gestión de Desmantelamiento en el Departamento de Sistemas de Información de Enresa. Anteriormente lideró sistemas de gestión relacionados con los residuos radiactivos. Trabajó como responsable del sistema de gestión de residuos en Ecoembalajes España.

- en toda la información gestionada.
- Asegurar la integración del SGDes con el resto de los sistemas corporativos de Enresa.

EQUIPO DE TRABAJO Y TECNOLOGÍA ¡LAS CLAVES DEL ÉXITO!

Tal como marca la metodología de Enresa para el diseño y construcción de sus sistemas corporativos, uno de los primeros pasos consistió en la identificación de los expertos de cada uno de los procesos y la composición de un equipo de trabajo multidisciplinar, con representantes de las áreas operativas, calidad, administrativas y de sistemas. El equipo ha estado, desde entonces, profundamente comprometido e implicado en las distintas fases del proyecto, y sigue participando actualmente en su seguimiento y evolución.

El conocimiento ligado a las personas unido a las nuevas tecnologías que han venido a solucionar pequeños y grandes problemas técnicos que surgen en un proyecto con las dimensiones del SGDes, han sido las claves principales del éxito del proyecto. En este sentido, el buen uso que Enresa ha realizado de la tecnología microsoft .NET en este proyecto, con Indra como socio tecnológico, ha sido reconocido como caso de éxito de cliente por el fabricante, en la revista *Perspectivas* 2.0, de diciembre de 2011.

METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS CORPORATIVOS ENRESA

Tras la autorización de inicio del proyecto SGDes, se elaboró un diseño conceptual que había de marcar el camino futuro del proyecto, analizando su viabilidad, acotando y definiendo su funcionalidad y estimando su coste y calendario.

A finales del mes de abril de 2007 comienza el diseño conceptual, que concluye en julio de 2007 con la aprobación de éste por el equipo de trabajo y, posteriormente, por el Comité Director (duración 2,5 meses/860 horas).

El resto del proyecto (diseño funcional, desarrollo e implantación) tuvo una duración cercana a tres años, concluyendo en el año 2011 y requirió un esfuerzo del orden de 50.000 h/persona.

Debido a la magnitud del proyecto se diseñó, para ser puesto en producción por bloques, en entregas estructuradas en función a su prio-

ridad de uso por la instalación y a las inter-relaciones entre los distintos procesos.

Para apoyar la implantación de cada uno de los bloques del sistema, se realizaron una serie de acciones orientadas a impulsar la gestión del cambio, desde pruebas conjuntas entre departamentos y usuarios, hasta documentación y sesiones de formación, con un apoyo continuo en la instalación de José Cabrera durante la explotación del SGDes.

SGDes. PROYECCIÓN INTERNACIONAL

Como se ha mencionado, El SGDes nace para dar respuesta al desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, pero se diseña con una estructura flexible de procesos que permite adaptarse a cualquier proyecto de desmantelamiento, construido sobre una arquitectura tecnológica y herramientas modernas, con:

- Un soporte de procedimientos de desmantelamiento maduro y contrastado.
- Una estructura modular y adaptable que permite abordar cualquier proyecto de desmantelamiento de instalación nuclear.
- La funcionalidad de permitir comparar los costes del desmantelamiento con cualquier proyecto internacional, al utilizar una estructura normalizada basada en la propuesta de ítems de coste de la NEA.

De acuerdo a esta visión internacional y de largo plazo, Enresa e Indra, que ya había trabajado en el

proyecto, firman un acuerdo en el año 2009 para colaborar de forma conjunta en proyectos internacionales orientados a la comercialización de soluciones basadas en el SGDes.

FUNCIONALIDAD DEL SGDes

El hecho de que estén los distintos módulos integrados y compartiendo un modelo de datos y arquitectura comunes, además de facilitar la gestión de los procesos que son horizontales a través de flujos de trabajo entre las áreas de la organización, permite un análisis de la información más completo y sencillo para la gestión y para responder a las demandas de los organismos reguladores.

A su vez, el sistema de gestión de desmantelamiento está integrado con otros sistemas corporativos de Enresa (sistema de gestión de proyectos, de gestión documental, etc.), lo que permite diseñar y gestionar los procesos de extremo a extremo de forma sólida y eficiente.

Funcionalmente, el SGDes está estructurado en los siguientes bloques:

Gestión de trabajos del desmantelamiento (SAT)

Es la parte medular del sistema y recoge las distintas unidades o paquetes en los que se organiza la obra, contemplando la gestión de aspectos como la planificación, los contratistas, las personas intervinientes y sus roles dentro del trabajo, los permisos radiológicos de éstos, los riesgos laborales del trabajo, los medios materiales y técnicos necesarios, la docu-



Figura 1.

mentación que soporta el trabajo, y el ciclo de aprobación, con los comentarios y recomendaciones de los distintos servicios de la organización.

Procesos de Protección Radiológica

Contempla la gestión de los permisos de trabajo con riesgos radiológicos (PTR) en el que, tras la solicitud en el seno de una SAT por parte del responsable, se analiza y valora el ambiente y las condiciones del trabajo, y se determinan los parámetros, condiciones y protecciones asociadas. Una vez habilitado, se hace un seguimiento de dosis, del personal habilitado y del entorno, en el caso de cambios en las condiciones iniciales del trabajo.

Asimismo, incluye el ciclo completo de vida de las vigilancias radiológicas (puntuales y periódicas), tanto a materiales y residuos como a zonas, vehículos, etc. También se contempla en este módulo el registro, gestión e informes de las muestras ambientales y de caracterización que son requeridas en ciertos procesos (MCDE, desclasificación, caracterización, PVA, PVRA, etc.), y que requieren de la realización de análisis en laboratorios externos.

Proceso de gestión de riesgos laborales

Recoge y sistematiza la información requerida al inicio de cada uno de los trabajos en que se divide y estructura el desmantelamiento, relativa a las evaluaciones de riesgos laborales. Una vez analizada y complementada por la organización, se procede a su aprobación como paso indispensable previo a la autorización de los trabajos.

Inventario físico y radiológico de la instalación

Contempla cada uno de los ítems existentes en la instalación, así como sus características físicas y radiológicas. Desde el nivel más alto que es la propia instalación nuclear, se va descomponiendo en edificios y exteriores, cotas, zonas, etc. y dentro de este último nivel, los elementos de que consta, con cada uno de los paramentos y componentes que allí se encuentran y sus características.

Permite analizar el inventario desde distintos aspectos, tales como el funcional de Sistemas-Subsistemas-Componentes, o desde el punto de vista del desmantelamiento de la instalación en forma de unidades de intervención, ya sean radiológicas o convencionales, o como unidades

de desclasificación. En cualesquiera de estos casos, permite caracterizar cada una de éstas con su estado de avance, su isotópico, la clasificación zonal desde el punto de vista de protección radiológica, etc.

Gestión de Materiales

Este módulo contempla las operaciones asociadas a los materiales generados en el propio desmantelamiento, ya sea material convencional o radiológico, así como de manipulación y tratamiento de éstos (segregación, descontaminación, etc.), actividades de acondicionamiento, de gestión de almacenes y de expedición.

Toda gestión de materiales se inicia con el proceso de aceptación o rechazo del material originado en los trabajos de desmantelamiento, en función de criterios de producción tales como optimización de volúmenes, mezclas y segregación de materiales o embalajes adecuados. Si el material es radiológico, además es preclasificado según una clasificación inicial anterior en función al tipo y a valores radiológicos medidos en el material, estableciéndose la vía de gestión adecuada, y clasificándolo como material desclasificable, como material radiactivo de muy baja actividad, o como material radiactivo de baja y media actividad.

Una vez en el proceso en cuestión, se determinará mediante la aplicación de rigurosos procedimientos de medida y sistemas adicionales de control de calidad su adecuación o no, y se caracterizará como un tipo de residuo u otro, o se emitirá el correspondiente certificado de desclasificación si así quedara probado. Los resultados de los procesos de medida pueden recomendar a su vez otra vía de gestión como puede ser la descontaminación, la segregación, el decaimiento, etc.

En la gestión de bultos y una vez aprobada por los procedimientos y procesos de medida adecuados la condición de residuo radiactivo de un material, queda recogido el proceso de acondicionamiento y reflejado documentalmente sus características físicas y radiológicas, conformes a los procedimientos de aceptación en la instalación de almacenamiento de residuos de baja y media actividad (RBMA) de El Cabril.

En el caso de determinados materiales metálicos que así lo requieren, como los procedentes del corte de los elementos de la vasija del reactor, así como la propia vasija, se establece una vía de gestión especial

consistente en la segmentación e introducción en cestas, las cuales son acondicionadas directamente en los contenedores. Estas unidades de almacenamiento, compatibles con los procedimientos de aceptación de la instalación de almacenamiento de RBMA de El Cabril, son también gestionados en todo su flujo.

Tanto la definición de los distintos almacenes temporales de la instalación donde se albergan los materiales y los residuos hasta su expedición, como la gestión de expediciones de materiales y residuos a los diferentes gestores, con todos sus respectivos condicionantes, son recogidos y gestionados administrativamente desde el sistema.

Inspecciones de garantía de calidad

Permite gestionar las inspecciones de calidad a los procesos del desmantelamiento de una instalación, para lo que dispone de una agenda que permite planificar el trabajo y establecer un programa anual, facilitando las distintas etapas de éstas, los registros de actuación de cada una de ellas y la elaboración del informe de inspección, así como la asociación a la inspección de la documentación generada.

Documentación de licencia

Un desmantelamiento genera una importante cantidad de documentación desde el inicio del proyecto hasta su conclusión. Este módulo sirve de soporte a la gestión de la documentación de licencia del proyecto y compromisos periódicos y de todos los comunicados que se envían y reciben a/de los organismos oficiales.

Permite gestionar asimismo cada una de las acciones que desencadena cualesquiera de estos (documentos de licencia, compromisos periódicos o comunicados). Una acción tiene asociado un ciclo de vida, un responsable de su cumplimiento y una fecha de vencimiento, de forma que el sistema genera avisos automáticos a los distintos implicados cuando una acción está próxima a vencer.

ARQUITECTURA, DESARROLLO Y GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN

El marco tecnológico del SGDes está conformado con toda una nueva plataforma de desarrollo, integración, pruebas y explotación de nuevos sistemas corporativos hechos a medida para Enresa, con diseño orientado a servicios de cliente (SOA), concepto de arquitectura de software que defi-

ne la utilización de servicios para dar soporte a los requisitos del negocio.

Como piezas clave para el diseño e implantación del SGDes, Enresa ha utilizado la tecnología .NET de Microsoft, junto con *Microsoft Project EPM* y la solución de Gestión del Ciclo de Vida de las Aplicaciones ALM (*Visual Studio*).

La propuesta arquitectónica para el desarrollo del SGDes está basada en tecnología .Net 3.5 SP1 y *Enterprise Library 3.1*, que cubre las necesidades y requisitos planteados en la definición del proyecto.

Como características de la solución sobre la plataforma .NET se pueden destacar que es una arquitectura de *N Capas*, conforme a las buenas prácticas y patrones definidos por *Microsoft*, con una segmentación de cliente y servicios de negocio, siguiendo enfoque SOA a través de una interfaz de servicios.

En cuanto al entorno de ejecución del SGDes, consiste en un único tipo de aplicación cliente (cliente rico *WinForms*, hospedado en granja *Citrix®*) que se ejecuta en terminales con cliente *Citrix®*.

La lógica de negocio se ejecuta en varios servidores de aplicaciones, exponiendo servicios WCF, y tratando con tecnologías de servicios distribuidos como MSDTC, MSMQ, entre otras. El almacén de datos es *SQL Server 2005* y otras BBDD de sistemas externos.

La implementación se realiza en tres bloques: el de presentación, que recoge la interfaz de usuario; el de negocio, con las interfaces de servicio, entidades de negocio, componentes empresariales y flujos de procesos; y el de datos, con los componentes de lógica de acceso a datos, junto con el agente de servicios.

En la experiencia de Enresa, la arquitectura SOA aporta unos beneficios que

se pueden enumerar en: bajo acoplamiento, transparencia de ubicación, reutilización del código, roles enfocados de desarrollo, mayor "testabilidad" mediante pruebas unitarias, desarrollo en paralelo, mejor escalabilidad y mejora de la disponibilidad.

Como parte del modelo de desarrollo en plataformas *Windows*, Enresa dispone de tres entornos de trabajo:

- **Entorno de integración del desarrollo.** Los sistemas fabricados en Enresa, se relacionan unos con otros, requiriendo dedicar parte del esfuerzo de cada proyecto a la integración de los mismos. En este entorno se ensamblan los componentes y se publican para que se puedan validar las pruebas del desarrollador.

- **Entorno de preproducción.** En él se realizan cargas de datos, pruebas de rendimiento y de carga, pruebas

de funcionalidades completas y las de aceptación de usuario.

- **Entorno de producción.** La versión finalmente verificada por el usuario es publicada en este entorno.

Todas las librerías desarrolladas en el núcleo de la arquitectura para el SGDes contienen clases y métodos autónomos diseñados para que puedan ser utilizados en cualquier otro proyecto nuevo de sistemas corporativos, ya que no tienen referencias ni usan otras librerías propias de proyecto, sino únicamente librerías propias de .NET Framework. Asimismo, se han desarrollado librerías orientadas a la programación y desarrollo (Figura 2).

En paralelo con el despliegue de la infraestructura se ha trabajado en el desarrollo metodológico y definición de los pasos a dar para facilitar el despliegue de las aplicaciones .NET en dicha infraestructura:

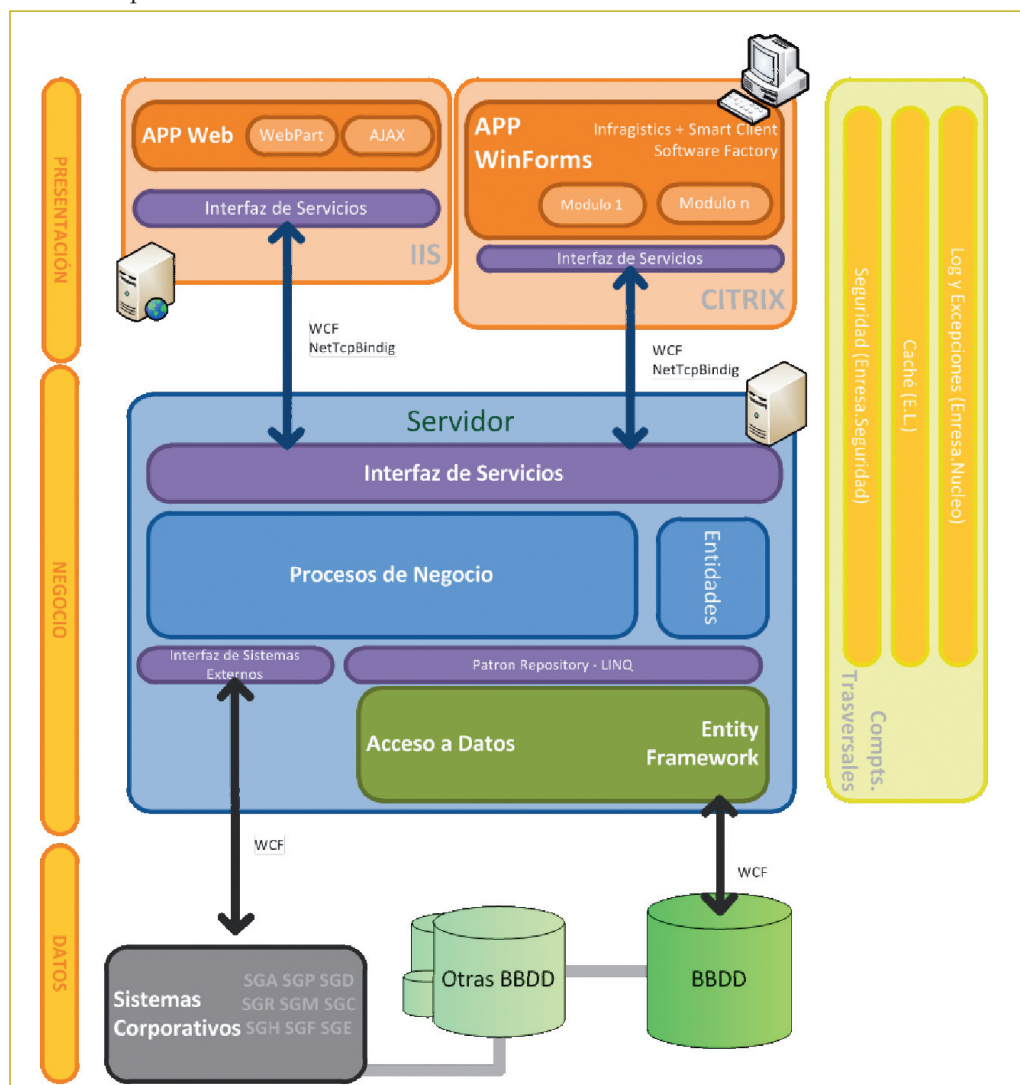


Figura 1. Diagrama de Arquitectura .net de Enresa.

El SGDes EN CIFRAS

GESTIÓN:

• N° de Solicitudes de Autorización de Trabajos (SAT).....	523
• N° de permisos de trabajo radiológicos	398
• UMAS (lotes de material)	1.605
• Vigilancias radiológicas a materiales	4.380

DESARROLLO:

• N° total de líneas de código (todos los entornos)	8.259.336
• N° de clases del proyecto	3.369
• N° de entidades del dominio	285
• N° servicios SOA	575

INFORMACIÓN/DATOS:

• N° de tablas	320
• N° de registros	1.934.026
• N° de documentos (SGD)	2.604
• Espacio en MB	4.547

- Gestión de la configuración, (gestión de las distintas versiones del código fuente y de la base de datos (real, desarrollo, etc.) y control de cambios.
- Generación automatizada de la versión “instalable” de la aplicación y de la versión de la base de datos a implantar.
- Despliegue de la aplicación en la infraestructura, definiendo y planificando tareas manuales y automáticas.

Para la gestión de la configuración se ha apostado por metodologías ágiles de desarrollo que han permitido dividir el SGDes en bloques y fases, gestionándolos con un marco de colaboración con el socio tecnológico a través de *Visual Studio ALM*.

De esta forma, se ha podido establecer un modelo de trabajo de factoría, facilitando a Enresa el control del proyecto durante todo el proceso. La estrategia de bifurcación de código implementada y los procedimientos de despliegue adecuados han permitido la puesta en explotación por fases, cubriendo los requisitos de calidad de software derivados de diferentes normas y regulaciones, como las normas del Consejo de Seguridad Nuclear. Con el uso de las herramientas de gestión de ciclo de vida de *Microsoft* se ha conseguido el control y la trazabilidad del proyecto.

En cuanto a las comunicaciones, mientras coexistieron dos entornos de trabajo separados entre Enresa y el proveedor tecnológico, se utilizaron determinados controles del tipo:

proxy inverso en Enresa; cortafuegos que restringían el acceso sólo desde puestos autorizados; encriptación https más certificados de cliente; y VPN que dio acceso externo al servidor de depuración).

Se aplicaron políticas de seguridad acordes con la plataforma y la metodología, con gestión de usuarios, definición de roles y trabajo desde el dominio de Enresa para los usuarios de desarrollo, así como distintos entornos para permitir el trabajo simultáneo de varios equipos en las distintas iteraciones a lo largo de las fases del proyecto.

SITUACIÓN ACTUAL

El marco tecnológico definido en Enresa, permite dar soporte a los 21 módulos de usuario que cubren funcionalmente los procesos definidos para el SGDes, con un sistema de gestión, publicado al usuario, una infraestructura de servidores, servicios y comunicaciones, unas estructuras de información y su almacenamiento asociado, unas políticas de seguridad y una arquitectura tecnológica avanzada.

El alto valor tecnológico del SGDes viene arropado por el conocimiento transferido desde los equipos de trabajo, pasando por su sistematización y desarrollo, hasta la obtención de un producto final, corporativo y organizado de 1.480.214 líneas de código que forman el actual SGDes. Este valor se complementa con el mantenimiento operativo y evolutivo, según los requisitos de negocio de Enresa y los

requerimientos de sus organismos reguladores.

Actualmente el sistema de gestión SGDes se encuentra totalmente implantado y en plena utilización en el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera. Su evolución continua, para adaptarse a los cambios en los procesos, así como para incorporar en su funcionalidad otros nuevos no contemplados en el diseño inicial, garantiza su éxito como sistema útil en producción en un entorno operativo y multidisciplinar.

El sistema es, por tanto, usado por toda la organización de la instalación y sus contratistas, y está permitiendo aumentar la productividad de ciertos trabajos, reduciendo el tiempo necesario para tratar la información, eliminar errores y asegurar la trazabilidad que requieren estos proyectos: trazabilidad de las actividades y procesos, los materiales generados en la obra y en general en toda la información.

La experiencia operativa acumulada por Enresa tras los desmantelamientos de Vandellós I y Pimic, y los trabajos en curso que se están llevando a cabo en la instalación de José Cabrera, junto con la experiencia en la construcción de sistemas corporativos, ha permitido a Enresa definir unos procesos de gestión maduros y exportables a cualquier proyecto de desmantelamiento, en un marco tecnológico avanzado, para cubrir las necesidades de negocio de la compañía y cumplir con los requisitos de los organismos de control.■