



XIV CONGRESO DE CONFIABILIDAD



La Ingeniería de confiabilidad (RAMS o RM&T) en Contratos con defensa

Jose Gómez Randulfe
20/11/2012

El Trabajo TECNOBIT – RAMS

- TECNOBIT Empresa Española
- Mercado de Defensa: Diseño, Producción y Mantenimiento de Equipos (NETMA-OTAN, FFAA Españolas, Holanda, Brasil,...)
 - Aviónica (unos 30 equipos, para C-130, F-5, C-212, 235, 295, 101, EF, Airbus A-400M y MRTT)
 - Mando y Control (15 equipos)
 - Simulación (12 equipos, Duelo, FNPT II...)
 - Optrónica (6 equipos)
 - Espacial (2 equipos)
- 355 Empleados, 60% Titulados
- Yo JGR, soy Director del Departamento de ILS/LSA, RAMS y DT, hoy cuento con 11 Ingenieros; llevamos 25 años trabajando en estos temas, (desde 1987 con CASA, desde 1989 con EF, Airbus).

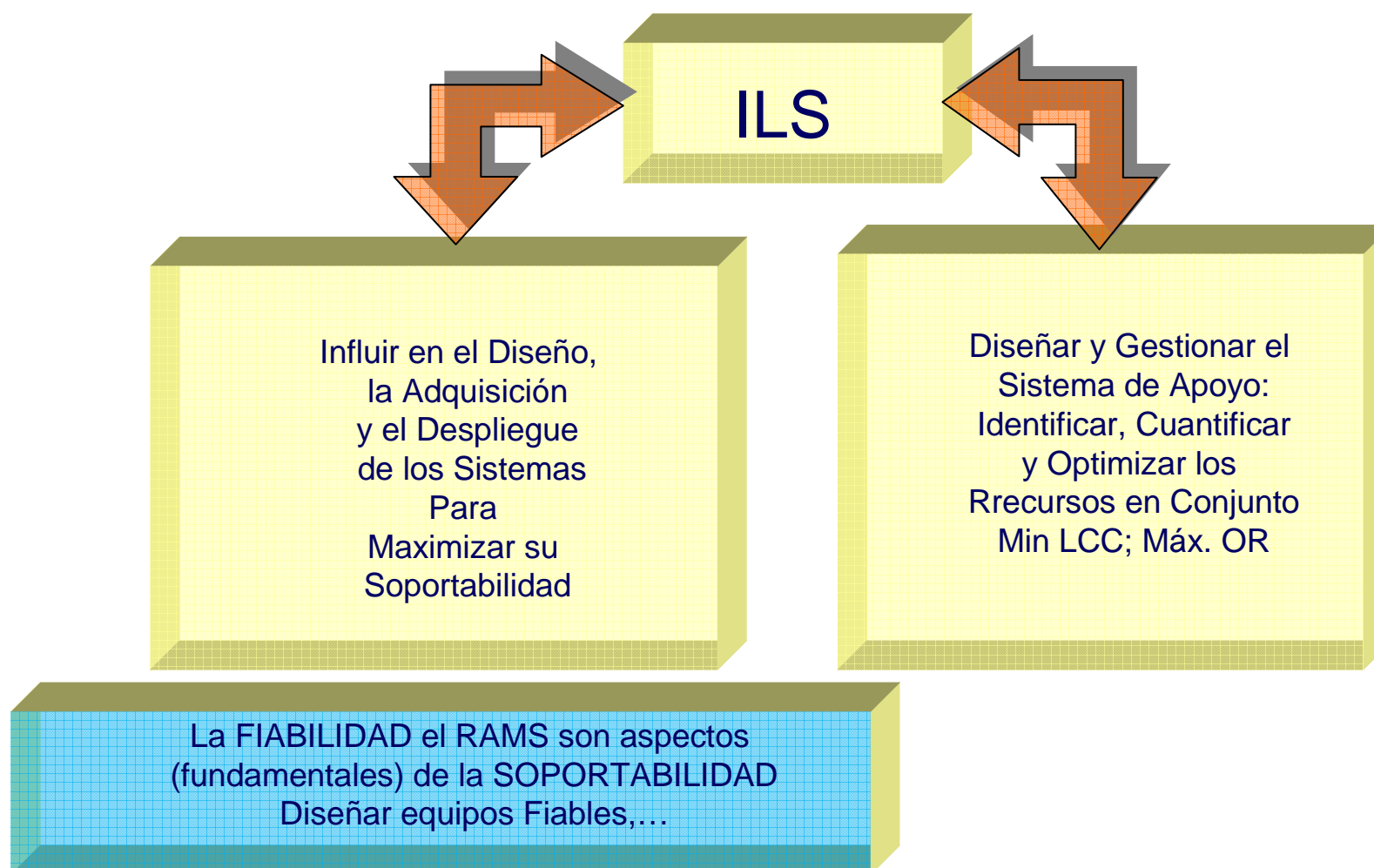


REQUISITOS, CONTRATOS Y OBJETIVOS DE RAMS EN DEFENSA

El Trabajo de los Ingenieros de Confiabilidad RAMS

- Hay diversas Situaciones Contractuales: Contratos tipo COTS, de I+D, un Desarrollo Financiado por TBIT, o un Desarrollo Comprado por un Cliente...
- Y en un Proyecto de un equipo dado hay diversos ELEMENTOS que pueden estar en Diversas Fases del Ciclo de su Vida
- Pero El OBJETIVO siempre es el mismo → la empresa nos contrata para:
 - Diseñar un Equipo que sea Fiable, Mantenible, Testeable y Seguro (Confiable)... y Soportable (Colaborar en el Diseño).
 - Construir (Producir), N Equipos y que sigan siendo Confiables, sean Fiables.
 - ILS/LSA Diseño SS y RAMS, durante la vida de los equipos en Operación (Nuestros Clientes) y Mantenimiento (Nosotros & Clientes) debemos conseguir que el equipo se mantenga (Fiabilidad y Seguridad).

Objetivos Generales de ILS y RAMS



Algunas Particularidades de Militar vs Civil

- Hay Requisitos Formales del Cliente, frente a un análisis del Mercado y una decisión Comercial (decidimos los requisitos).
- El Cliente, muchas veces requiere que empleemos Procesos y Procedimientos de trabajo comunes y verificables, con Evidencias comprobables (Sistemas complejos con muchos elementos y suministradores).
- Hay un alto grado de Normalización, estandarización, de más o menos obligado cumplimiento.
- Muchas veces RAMS no solo es parte de Diseño sino que además forma parte del Proceso completo, con LSA de ILS.
- Certificación por organismos internacionales, externos a la propia empresa.

Diferentes Situaciones Contractuales por Diferentes Requisitos RAMS

- Requisitos RAMS:
 - Pueden ser muchos o pocos, difíciles de cumplir o sencillos, que requieran Estudios de RAMS complejos o sencillos y resulten en Equipos más o menos caros (Costes No Recurrentes).
 - Con diferente métodos de validación exigidos, ya sea solo por Análisis, o nos pueden pedir además Pruebas, Demostraciones o Ensayos que permiten medir los valores esperables en servicio (una prueba es mejor que mil análisis), pero encarecen el desarrollo, sobre todo pruebas largas y destructivas.
 - Pueden imponerse compromisos posteriores de rediseño, si durante el uso se comprueba que no se alcanza un valor.
 - Pueden imponer cláusulas de Garantías (*Warranty &/or Guarantee*).
 - Pueden imponer Premios y/o castigos: Retenciones, y Abatimientos.

Contratos con Requisitos de RAMS

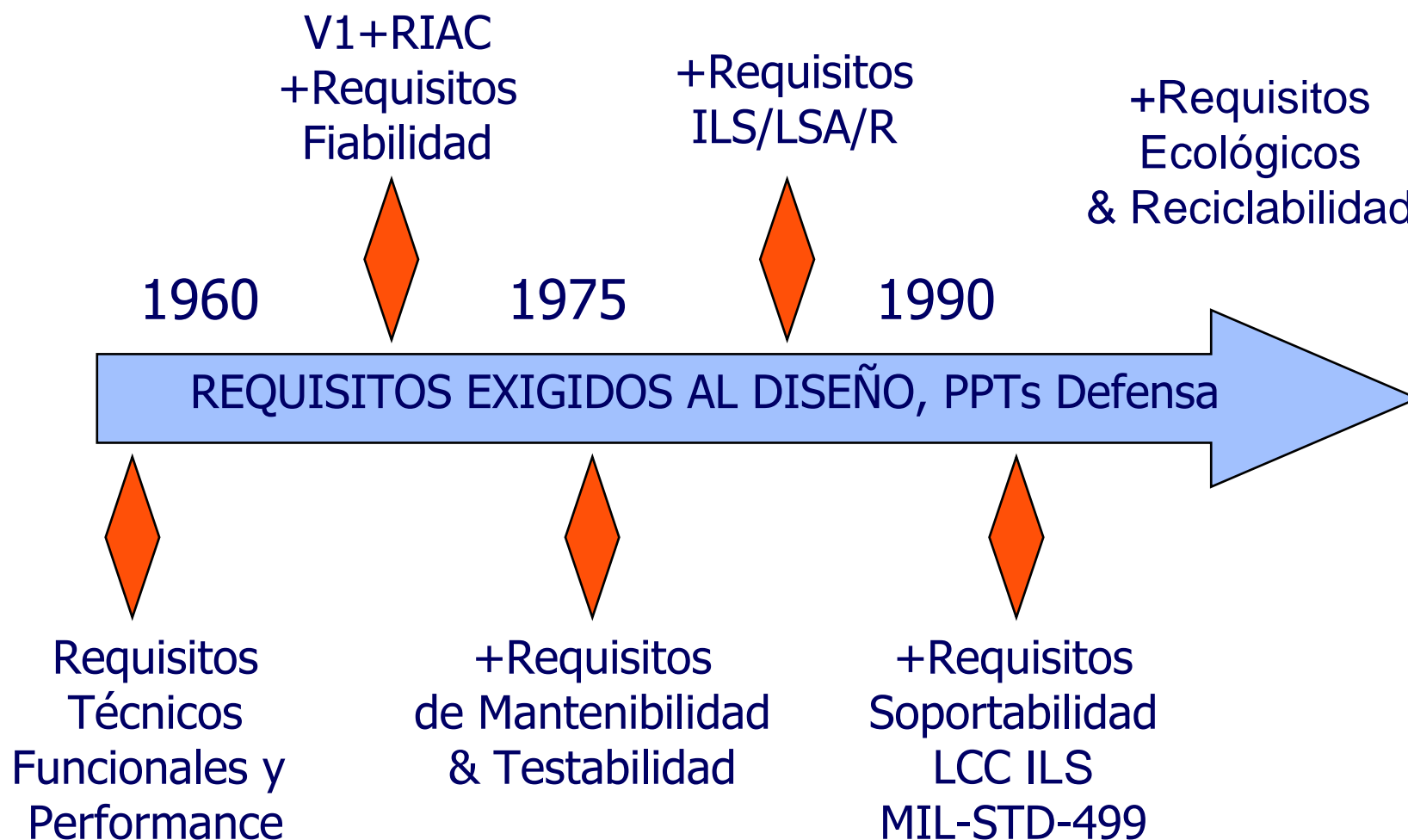
Es necesario estudiar y ver las implicaciones (en el Diseño...) de los Requisitos de RAMS establecidos por el cliente en diversos documentos contractuales:

- EDs, GCP Documento de Requisitos Generales de alto Nivel
- SPEC (con sus Partes), PPT, POR...
- CDRL-DRL, GRESCAM, Data List
- SOW CONSRCIO, acuerdo de reparto de trabajos (Compromisos TBIT)
- SOW INTERNO (Compromisos Dep. RAMS de TBIT)
- STDs, Normas (AECMA SPECS 0000 → 5000)
- *PROCEDURES*, P-J-O-Es, ABDs, CDIN
- *GROUND RULES*, acuerdos en actas de las reuniones de trabajo

Los Requisitos RAMS se Reflejan Contractualmente en...

- En la propia SPEC, PPT, POR suele haber diversas Partes con Requisitos de ...(por ej. EF, Airbus, Eurocopter, ESA,..)
 - A → Generales incluyendo STDs aplicables
 - B → Técnicos
 - C → a las Pruebas de Cualificación
 - D → de *Product Acceptance Tests*
 - E → de Análisis, Pruebas, Validación y Verificación de Requisitos de RAMS
 - F → PHT
 - G → C of C
- En la CDRL (Ref EDs, Parte E y Proced. y STDs, o GRESCAM), y los SOWs
- En los ED-3, 7, 10, 17, GCP Documentos Alto nivel con requisitos comunes para muchos suministradores

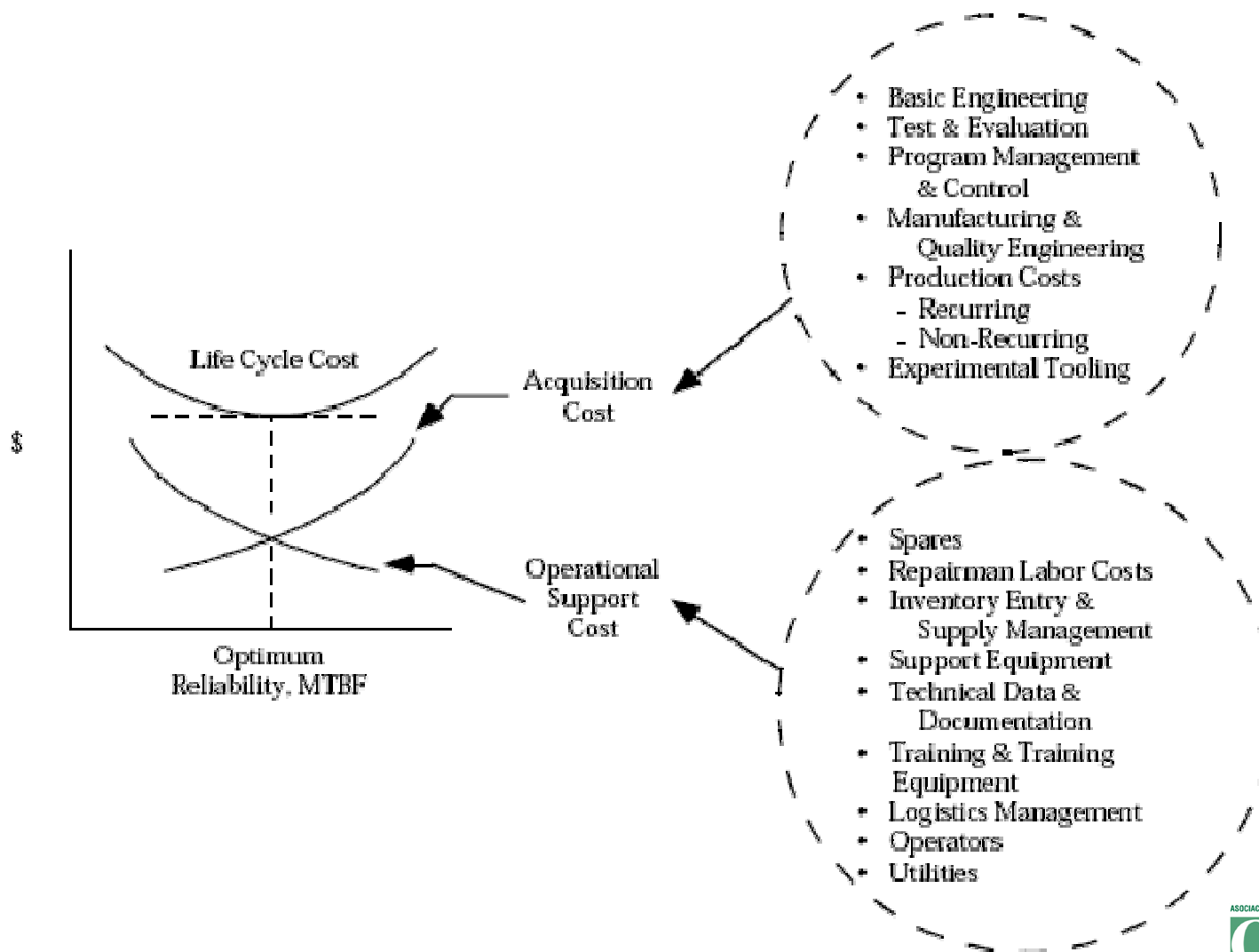
Evolución Histórica de los Requisitos en PPTs Def



Problemática General, Reflexión, Nivel de Esfuerzo Adecuado (Tailorización)

- Los Costes de Ingeniería (incluida la de Confiabilidad), Análisis y Pruebas (por Material, Utilaje, Equipos Destruídos y Horas de Trabajo (caras) solo dependen de la complejidad y grado de innovación del equipo que se quiere diseñar y del ambiente (espacial,...) → El Precio depende del coste, que se debe repercutir entre los equipos Producidos
 - En Espacio se fabrican un total de 1 a 10 Unidades
 - En Simulación y Mando y Control de 1 a 30 Unidades
 - En Aviónica Militar de 50 a 2000 Unidades
 - En Aviónica Civil/Militar de 100 a 4000 Unidades
- Regla del *dedo gordo* para el Esfuerzo “dedicable”, de un 10-20% del Total invertido en Desarrollo, a la Ing. de RAMS
- Esfuerzo y Valor del Requisito → Decisión Basada en un Análisis LCCA F(MTBF y MTTR/T...)

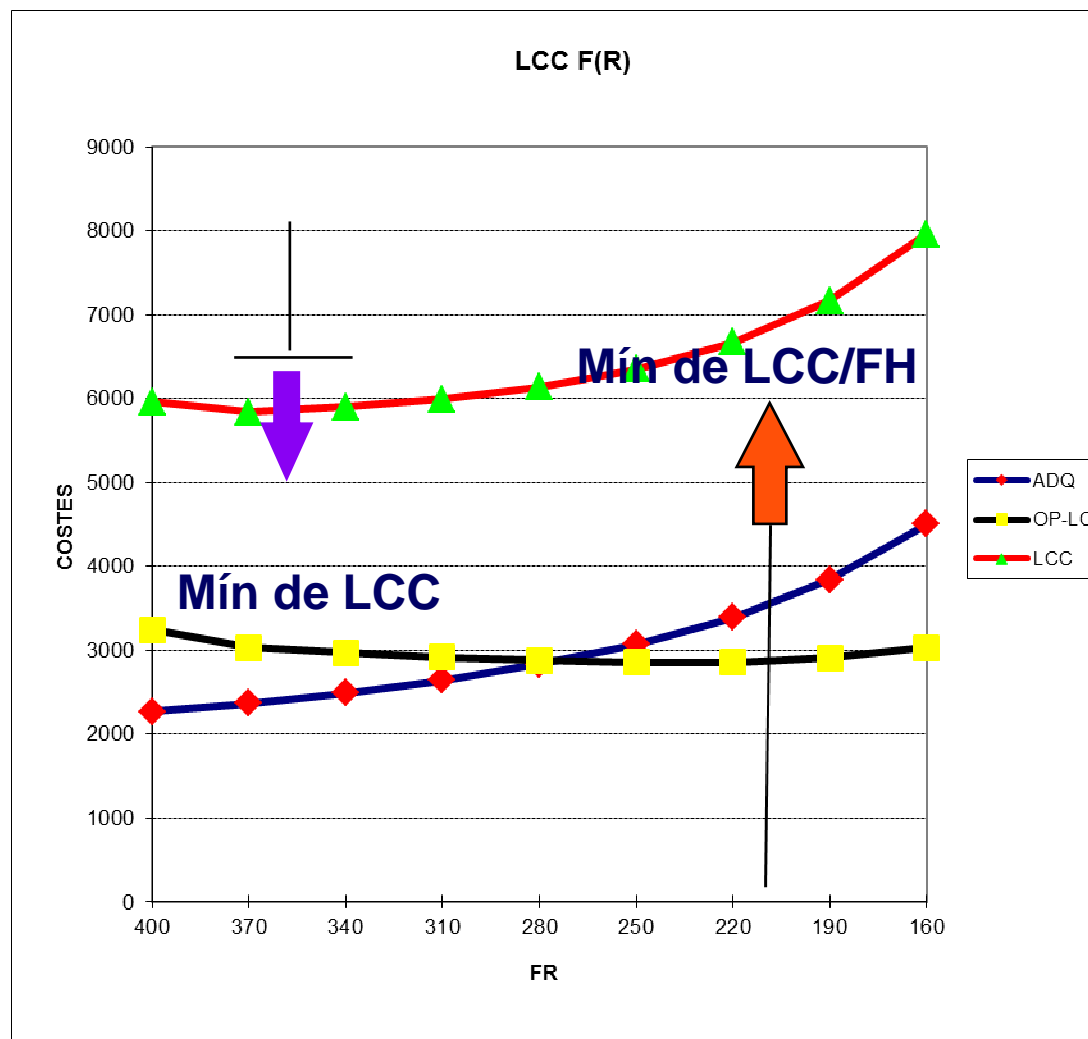
Determinación de Requisitos F&M, MIL-STD-499 y 259



LCC vs FR-MTBF, MTTR...

Hay un Mínimo de LCC/OH para un FR, dependiendo de los demás parámetros, en cada Equipo y Programa puede ser distinto

El Mínimo puede ser distinto del punto de corte, porque al mejorar la Fiabilidad podemos afectar la longitud de la vida útil del Equipo





EL PROCESO DE INGENIERÍA RAMS EN DEFENSA

El Trabajo del Ingeniero de RAMS, Proceso I

- Primero se estudia el Contrato y los requisitos pedidos y sus implicaciones y se responde a las RFI/Q/P con una DS y un Precio.
- Se prepara y acuerda un Plan de RAMS, se estudian y diseminan los requisitos de RAMS y se inicia una fase de análisis preliminar (P) con datos +/- desconocidos y/o tentativos.
- Con los resultados de lo anterior se orienta a los diseñadores con preferencias, identifican los drivers y limitaciones inadmisibles para el cliente (Umbrales-Tresholds).
- Avanza el proceso y con datos de Diseño más realistas, se comprueba por Análisis (F) si los diseños actuales cumplen con los requisitos y se documenta sus conclusiones. Estos análisis tiene sus propios requisitos en la Parte B y las Procedimientos y STD referenciadas.
- Se negocia y acuerda con el Cliente y Diseñadores las opciones aceptables y de ellas la seleccionada como Baseline de Diseño.
- Con el diseño iterado por lo anterior se documenta los resultados de la Fiabilidad, M, T, Safety,....., Soportabilidad como una herramienta para
 - Verificación y validación del Diseño de Equipo (o autorización para hacer prototipos y pasar a pruebas).
 - Además proporciona datos de del Sistema que permiten Diseñar el sistema de Apoyo, (preparar los Planes de Soporte o Mantenimiento), nacionalizar y preparar las Listas de Adquisición de todo.

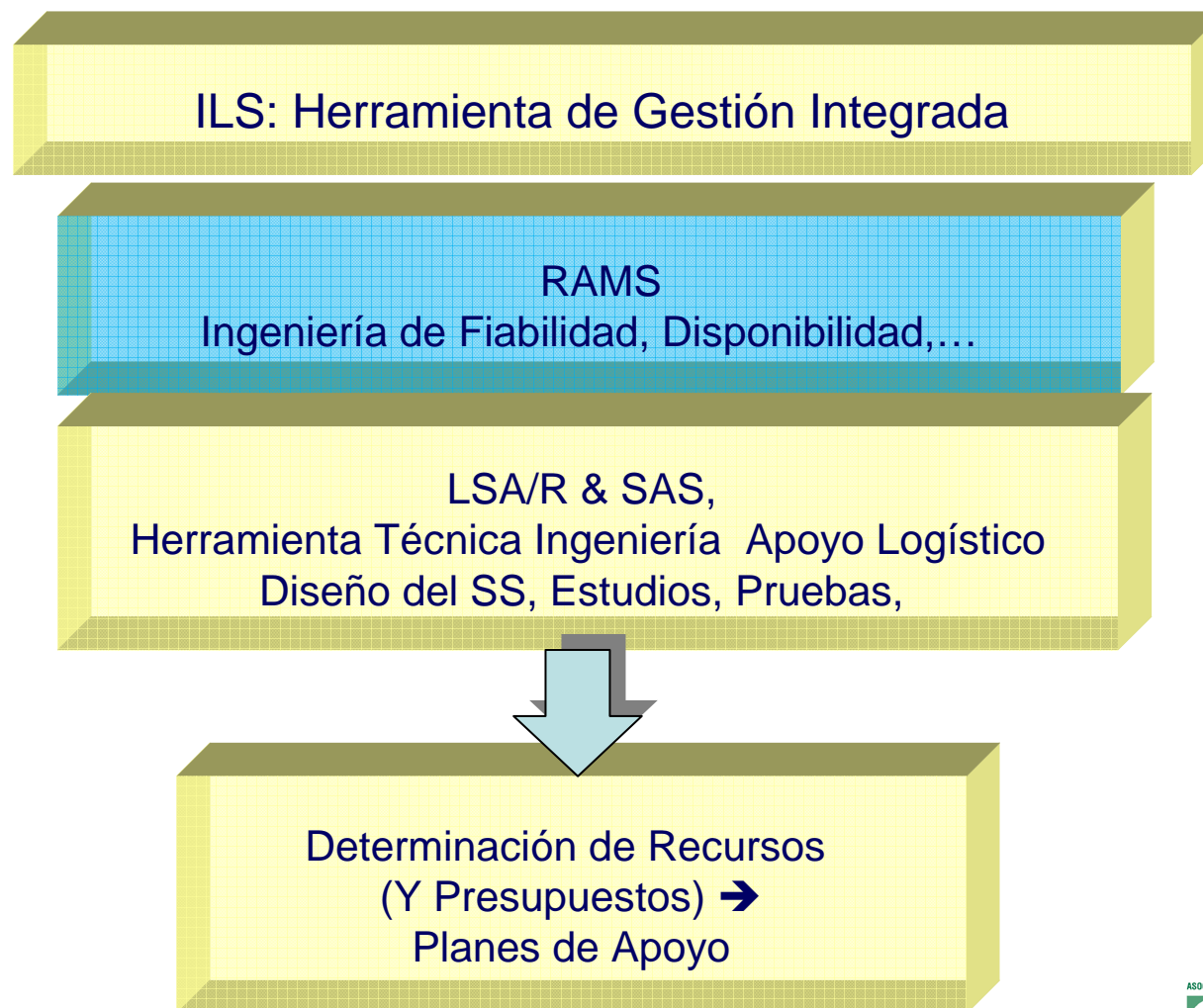
El Trabajo de la Ing de RAMS en Diseño, Proceso II

- Avanza el proceso y se construyen Prototipos (por lo general tras el CDR) y con datos de Diseño más realistas, y con Pruebas de los Prototipos (Modelos A, B, C, D-Prod.), se comprueba si los diseños actuales cumplen con los requisitos y se documenta los resultados de las pruebas y conclusiones.
- Establecido un Baseline de Diseño, cualquier alternativa, previa a ser elegida/aprobada, requiere un Análisis de *Trade-Off* y Sensitivity de la Efectividad (Diseño, Funcional, Performance, RAMS) y del LCC (RAMS).
- Además se analizará el impacto en Fiabilidad (RMTS, etc) MTBF, NFF,... de cada nueva opción alternativa frente al Baseline de referencia para poder tomar la decisión adecuada (ídem para M, T, Safety y Soport.)
- Según avanzamos en el diseño este se irá congelando y el énfasis de la IS, los Análisis de Alternativas, pasarán a analizar las opciones de soporte y optimizarlo. En este proceso la aportación de ingeniería de RAMS es también fundamental.
- De la misma forma que el equipo físico, mediante revisión y acuerdos con *Purchaser* (y *Customers*) justificados por análisis de alternativas frente a un Baseline original, se irá mejorando, acordando y congelando el diseño del sistema de Apoyo documentado en el LSAR Final.

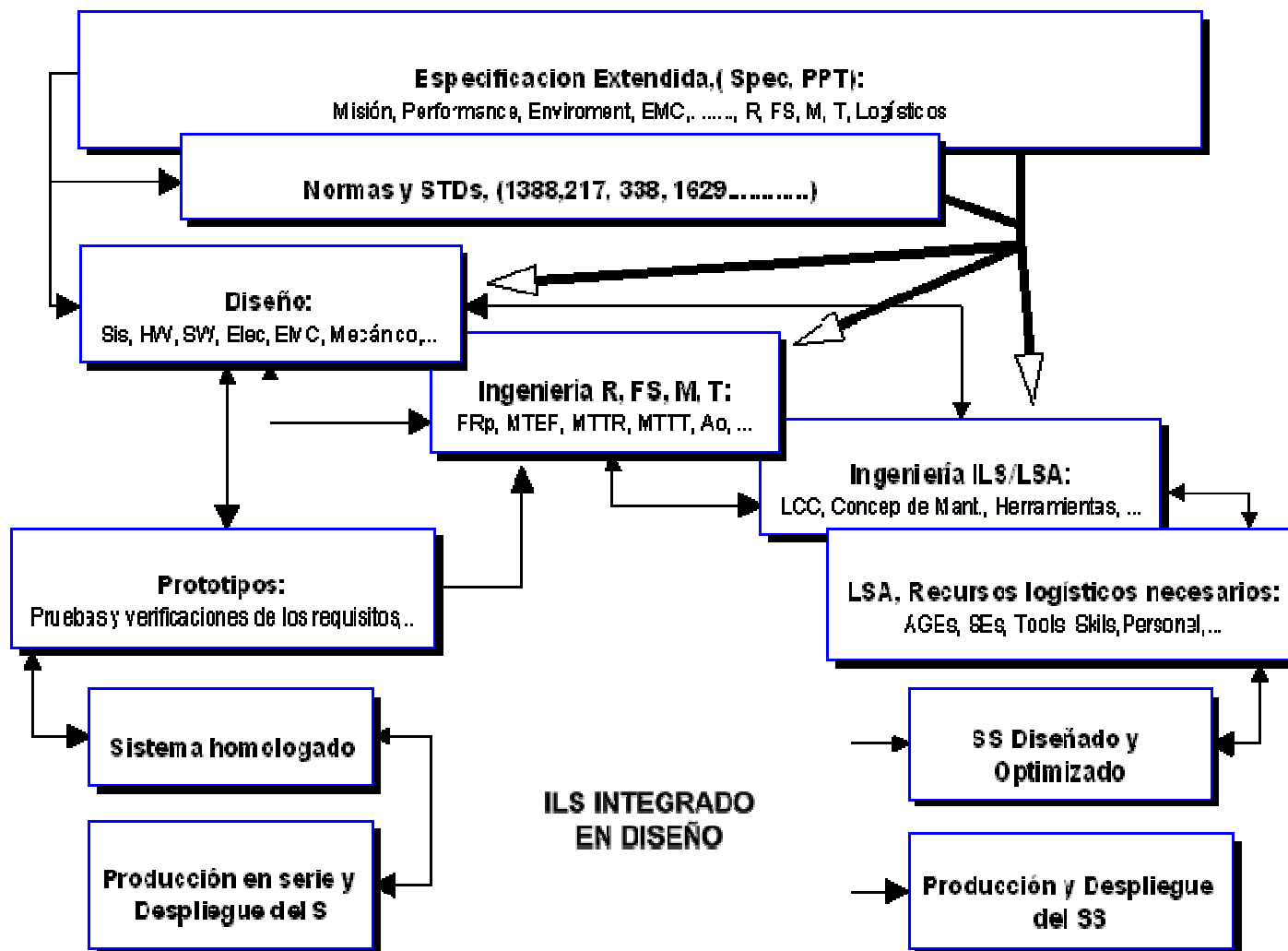
El Trabajo de RAMS con ILS, Proceso III

- A partir de ahora los ingenieros de Fiabilidad (RAMS) colaboran con ILS para producir los “Assets” de apoyo contratados por el Cliente y de los que es Responsable en TBIT:
 - Preparar la Documentación Técnica de Usuario y los Data Modules
 - Los Syllabus de y los Cursos y sus Materiales Necesarios
 - La Documentación Técnica de Mat Support, IPLs y las IPCs y Drawings
 - STTEs, AGERD, AGES, Spares * ML LORA Nacionalizado
 - La Catalogación OTAN (y sus SPEC de Compra)
 - Los cálculos de Repuestos MOB para Disponibilidad y los de Pipeline
 - Los Utillajes, Herramientas y STTEs y AGES (Contratados)
- Terminado el Desarrollo en las fases de PIP y de O&S hay otros Contratos PC-4, 5, 11,..., de servicios Logísticos con sus Requisitos y condicionantes que requieren la colaboración
 - FRACAS, FRB, Fis: failure Inv., Pruebas de PRAT,...mejora continua

RAMS dentro del Proceso de Ingeniería Logística

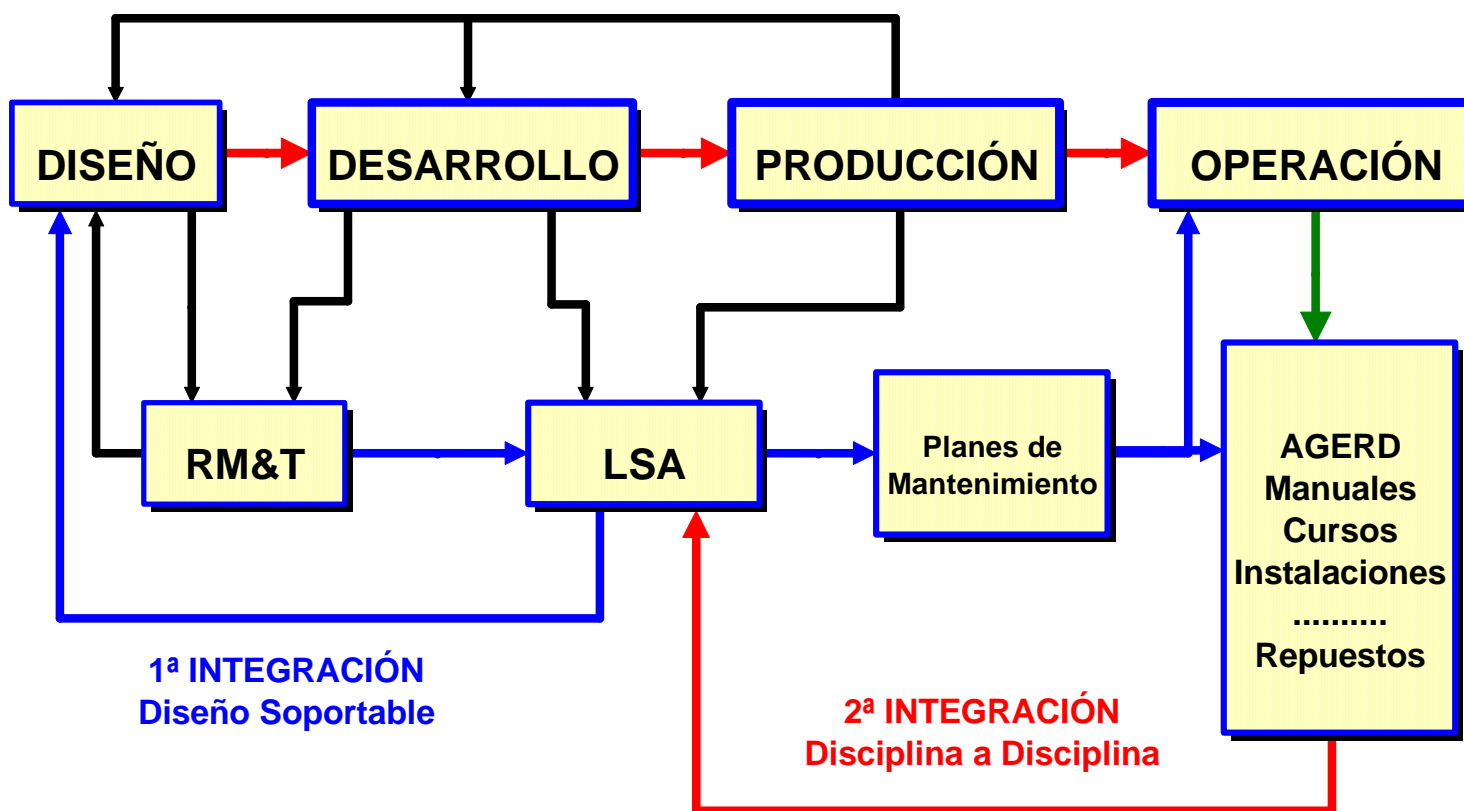


Tres Ramas Diseño, RAMS & ILS en IS



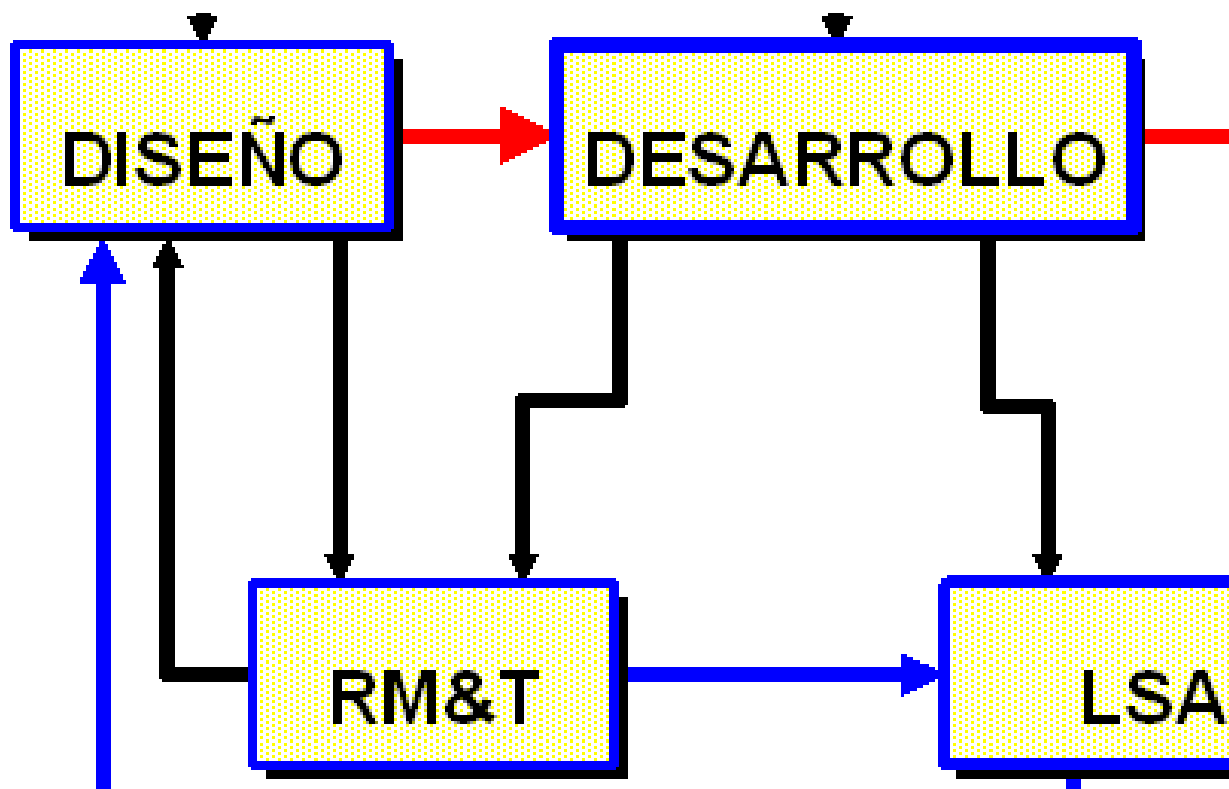
Proceso ILS (RAMS+LSA/R) en IS

INTEGRACIÓN; la "I" de ILS

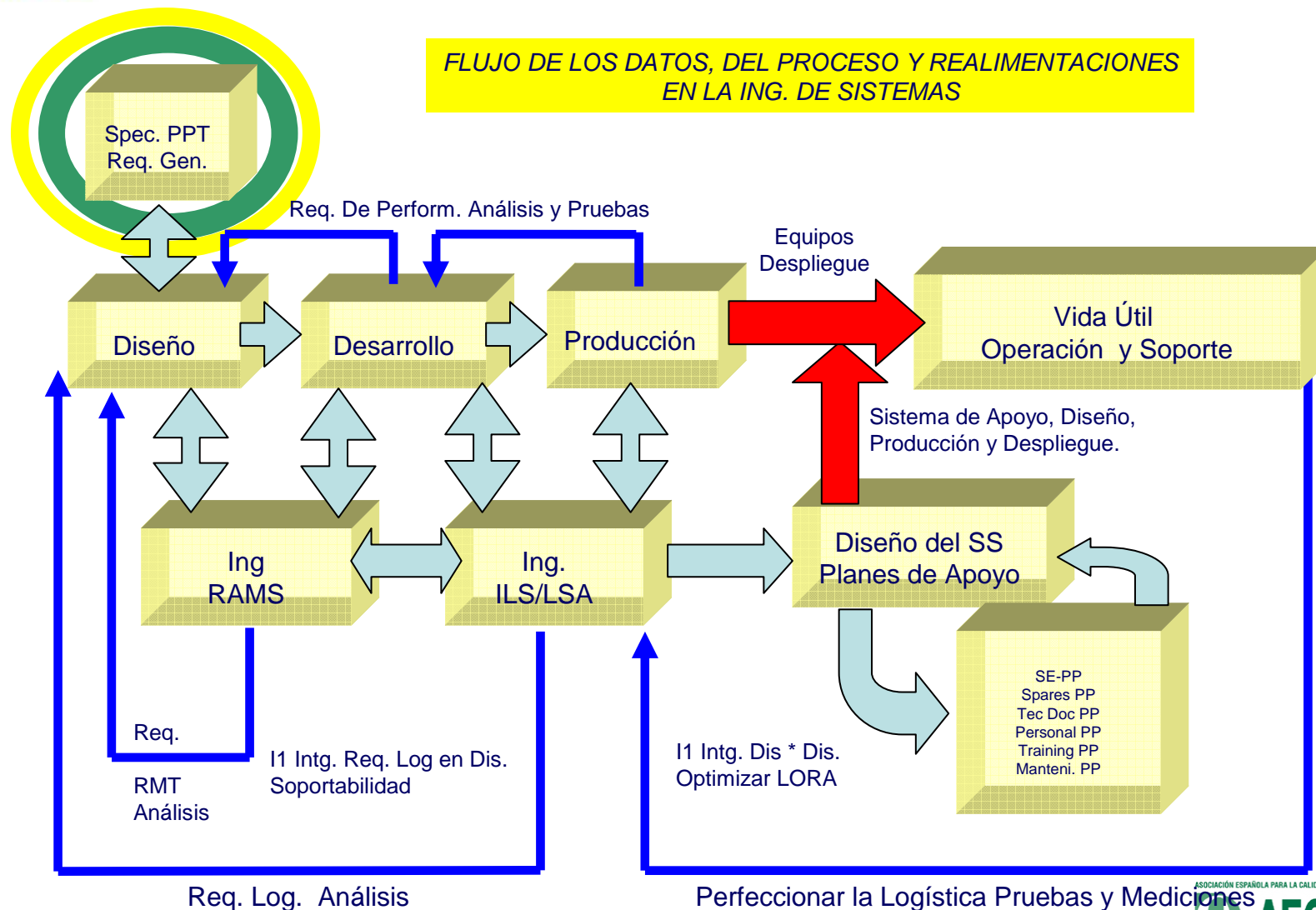


Proceso RAMS

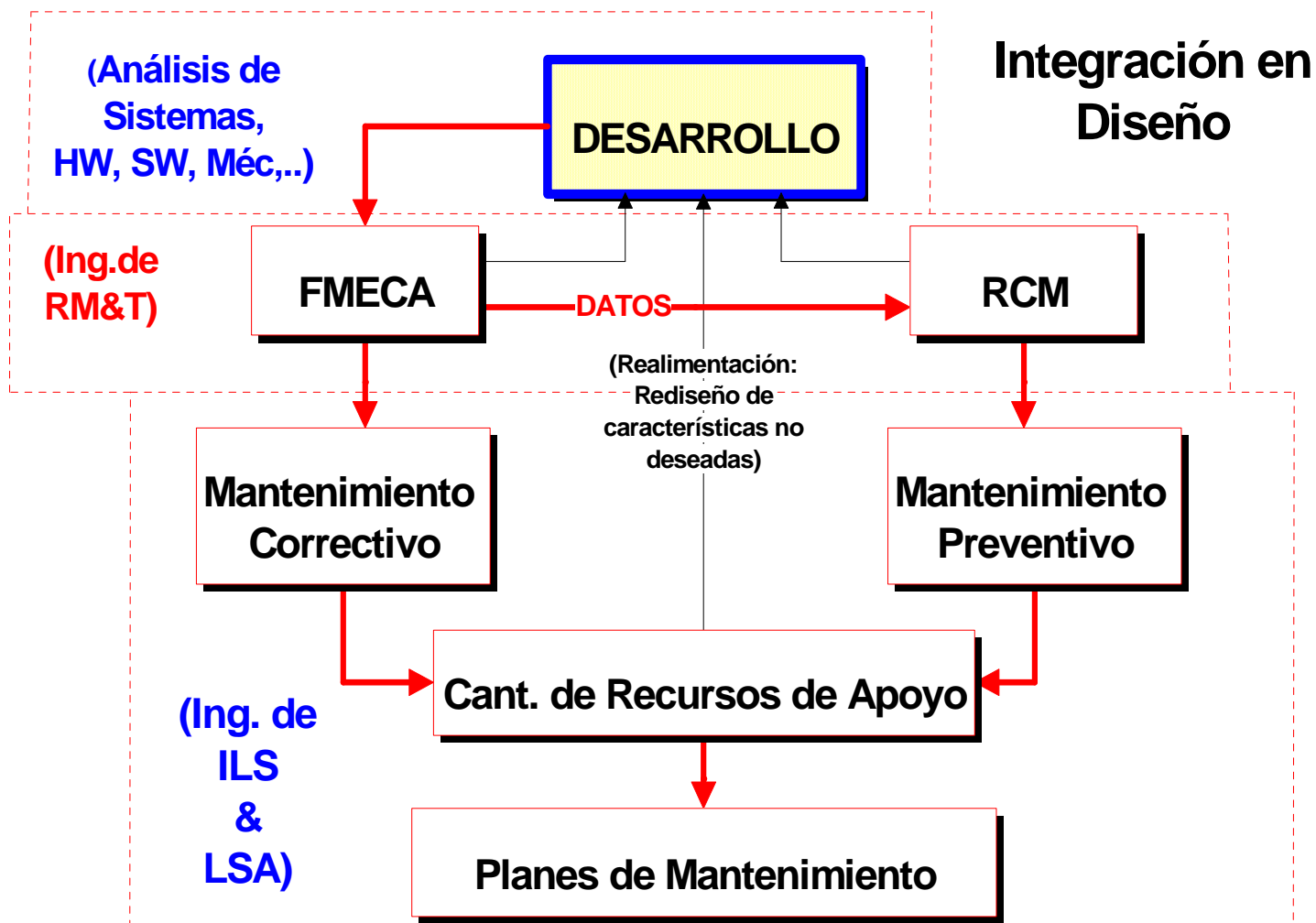
Confiabilidad RMT en IS



Proceso ILS las I de Integración

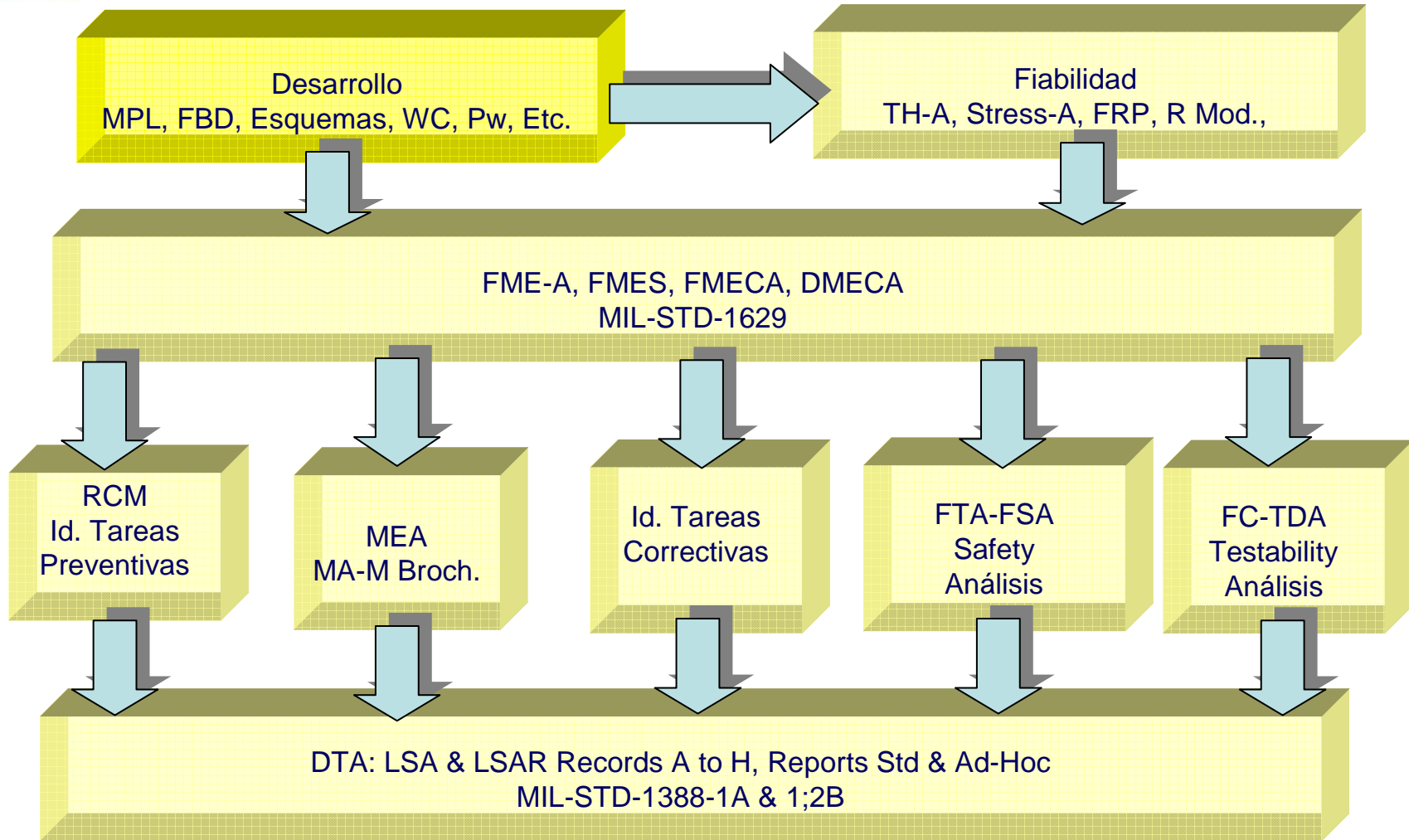


Proceso RAMS con ILS

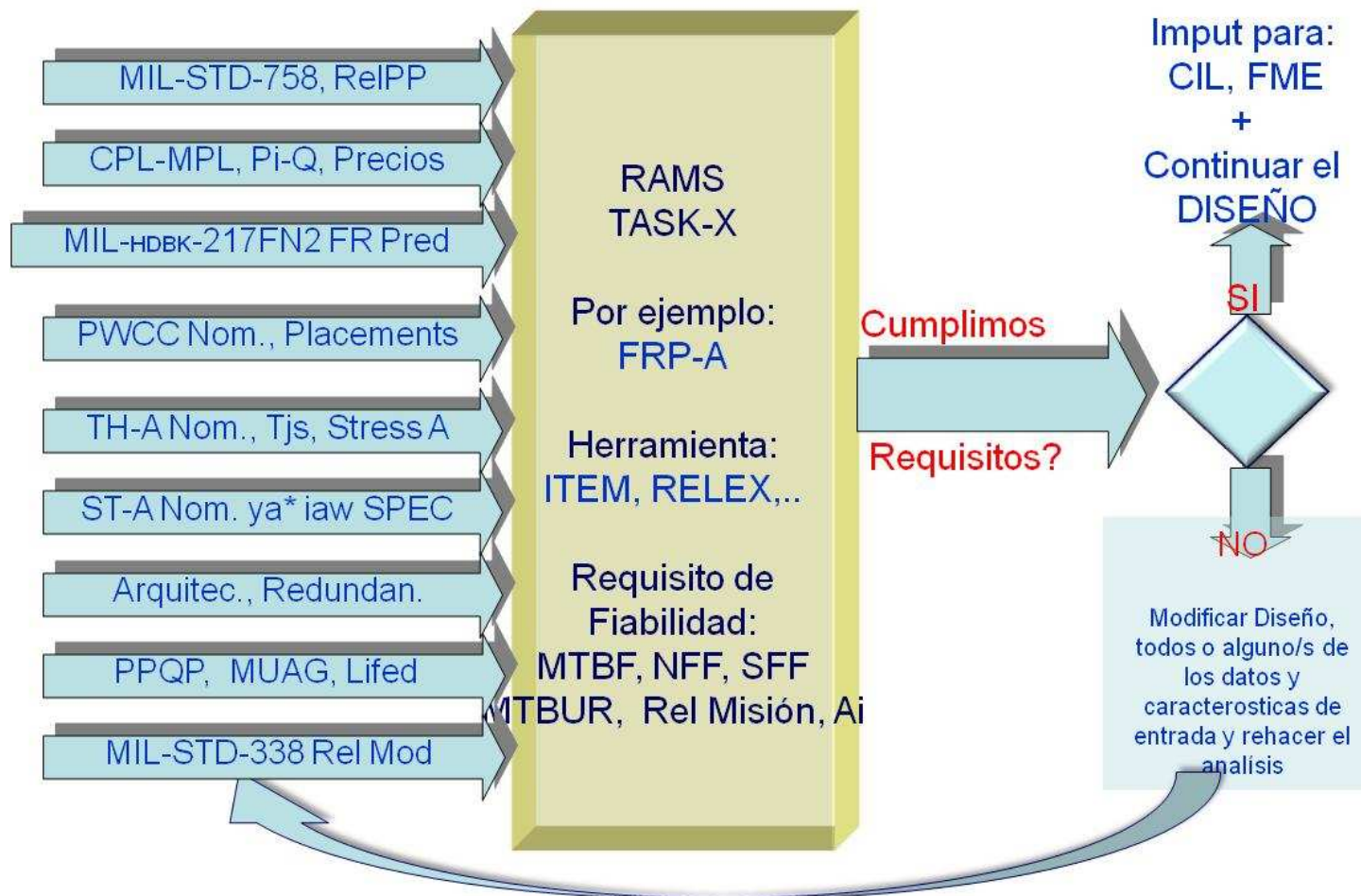




EI FMECA



Para cada Requisito hay una Tarea, un (Análisis) de Comprobación, una Realimentación y unos Outputs que son Inputs para Otros Análisis



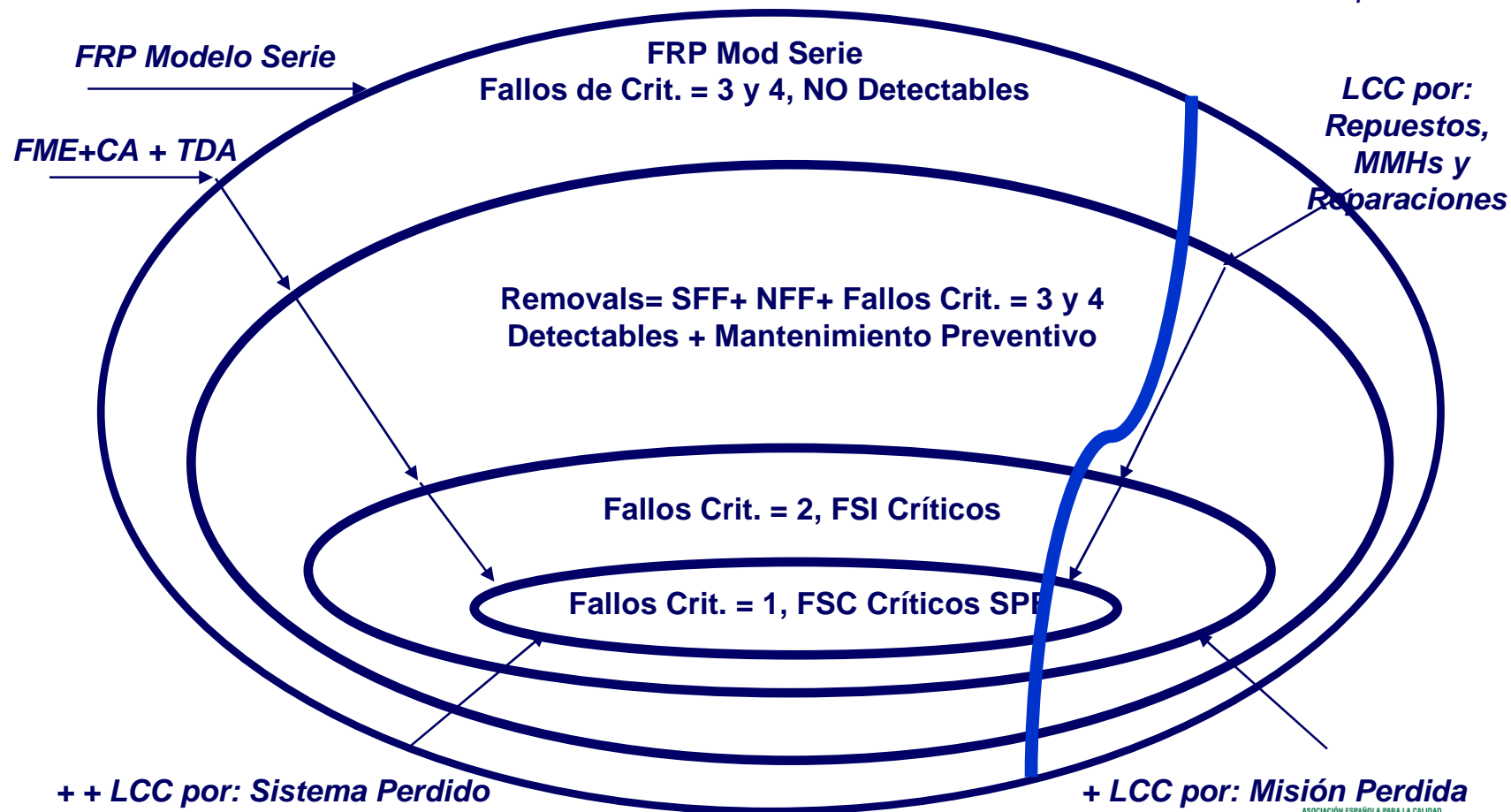
Para Cada Tarea RAMS

- Definición del Procedimiento y de Profundidad y Formatos
- Alineamiento de actividades entre departamentos SOW_Int y Planificación
- Recolección de Datos entre los COTS, Suministradores, Diseñadores,...(*Accounting*)
- Revisión y Discusión de los Datos para su homogeneización y validación
- Introducir los Datos (validados) en una Herramienta y Correr varias veces para obtener resultados hasta ser capaces de interpretar correctamente los resultados
- Hacer los análisis de Trade-Off, What-if, error y sensibilidad, e identificar los drivers y obtener unas conclusiones
- Realimentar a los diseñadores y acordar propuestas de cambio del diseño para y hasta al menos cumplir con requisitos o mejorarlos (otros *constrains*)
- Volver a introducir nuevos datos y correr la herramienta con el diseño que cumple con los requisitos, una vez decidido el Baseline de diseño
- Documentar los resultados del análisis como una herramienta para acordar con el cliente la validez de nuestro diseño (evidencias y proceso Verificación/validación)

FMECA es Central en RAMS con influencia en ILS y Diseño



FTA-FSA
Lim. Máx. Admisible Unspected Events



Las Principales Tareas de la ingeniería RAMS íaw con los STD del US DOD

- RAMS: Fiabilidad, Mantenibilidad, Testabilidad y Seguridad
 - Tareas 100 de Gestión
 - Tareas 200 Análisis y Estudios
 - Tareas 300, Pruebas, Ensayos, Demostraciones,
 - Tareas 3/400? Medición de valores en Prototipos de Producción Series iniciales
 - Tareas 3/500? Seguimiento del comportamiento en vida

Las Principales Tareas de la Ingeniería RAMS

- RAMS: Tasks 100: Tareas de Gestión
 - Plan de RAMS, (*Programme Planing and Control*)
 - Informes de Estado y avance, (*Reporting*)
 - Revisiones de Diseño y de Programa
 - Internas
 - Formales
 - Auditorias
 - Especificación y Guiado de Subcontratistas
 - Revisión y Aprobación de sus contribuciones a las DRLs
 - Gestión Clientes, Socios,...

Las Principales Tareas de la Ingeniería RAMS

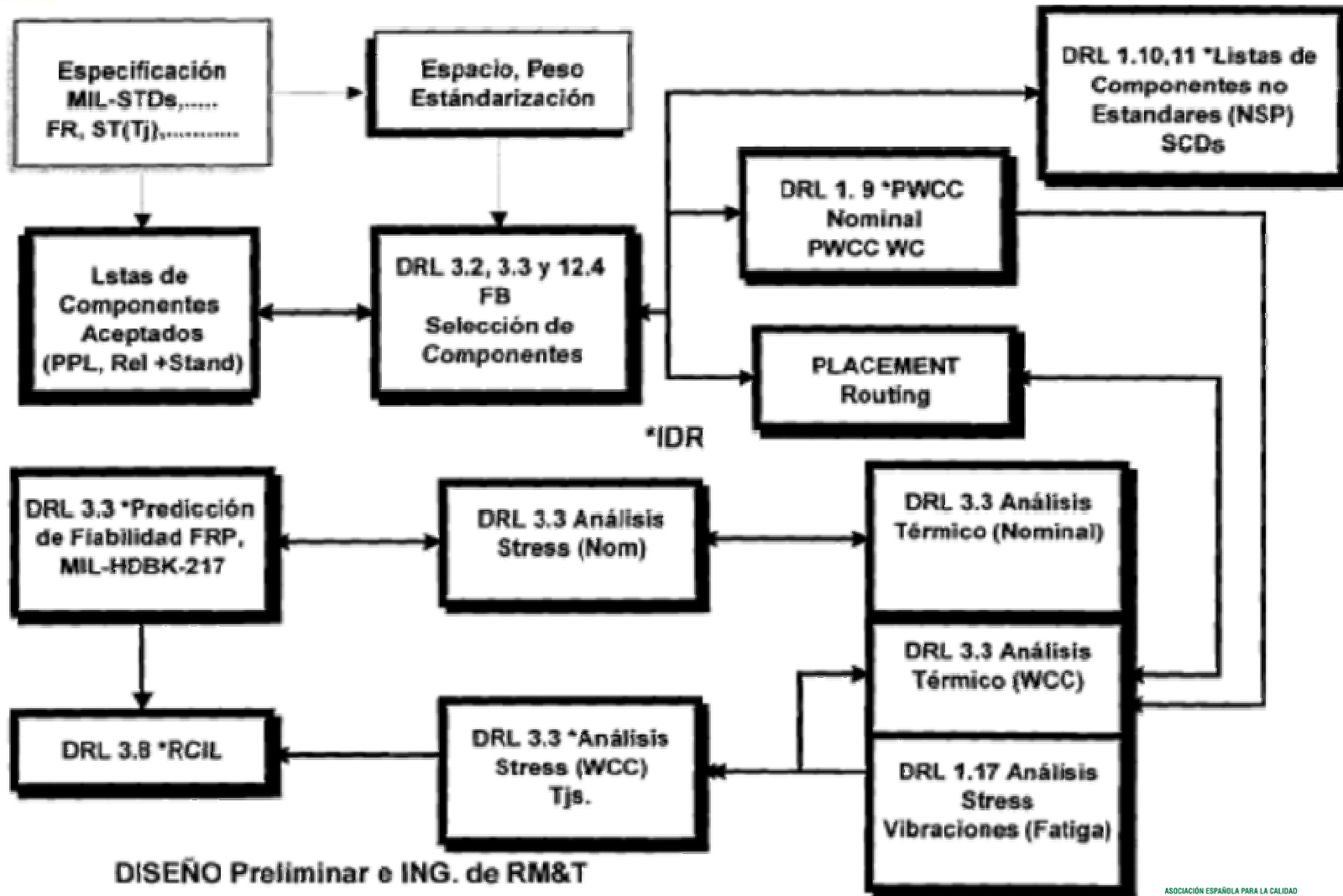
- RAMS: Tasks 200: Tareas de Estudios y Análisis
 - R&M Predicción, Modelización y Análisis, Modelización , RBD, K de N, Modos Degrad., Modos de Operación, Est. de USO, Oport. Tech.,
 - Diseño para Fiabilidad (Trade-Offs y Sen-A), Comp & Fam Pref. Standarización
 - Gestión **de/Diseño/Análisis Térmico**, 3D, 2Ds, Nominal, WCC, vs Placement
 - **Stress-A, Tj, Volt., Int., Power, Fan-In/Out,...**
 - **Drift-A y WCC-A**
 - **RCIL** y su gestión Propuestas de Mejoras CP+PDCA
 - FME-CA, FMES, FMECA (Syst vs Proceso, F, HW o Misto, H/L/Triestado), RCM, DEMECA, Causa-consecuencia
 - FRACAS, FRB, CP-CR Int, y/o de Ext. EAPF-CR+**PDCA**
 - FC, TDA-Assesments, Def de ATPs y Participación en la definición de: Power-Up; Continuous & Initiated BIT, Ext-STTE+AGE Def (AGERD)
 - FSA, FTA, Cadenas de Markov,...
 - Env & MTO Hazar Analysis, Hazard Analysis... Zonal-A

Las Principales Tareas de la Ingeniería RAMS

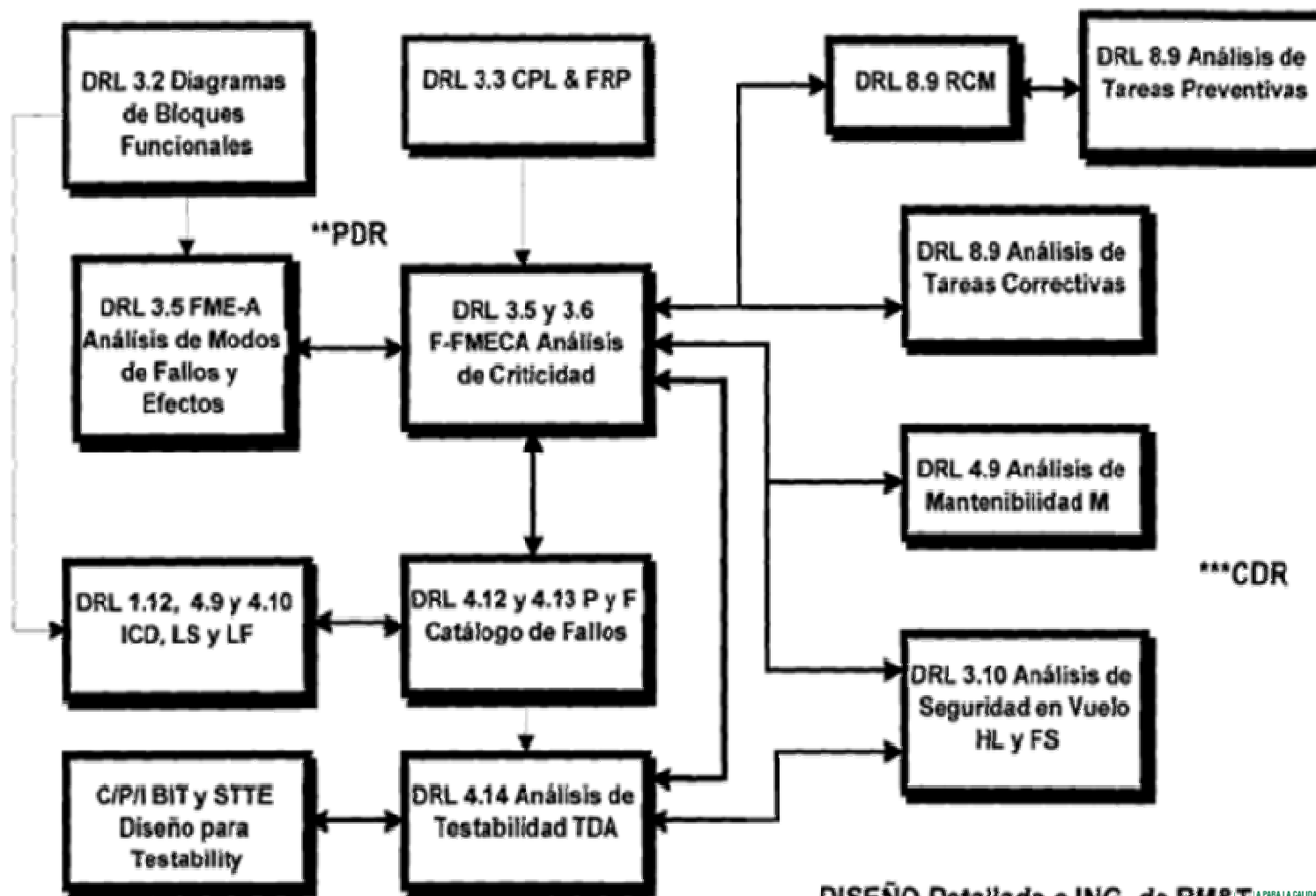
- RAMS: Tasks 300: Tareas de Ensayos y Pruebas
 - Definición de Inercias Térmicas y Frecuencias de Resonancia, rediseño
 - Survey Térmico
 - Procedimiento Burn-in, Mortalidad Infantil
 - Diseño de RGT y en ESS, TAAF-RGT
 - Demonstraciones de Mantenibilidad, Testabilidad y Herramientas/DT Soportabilidad FACI
 - Diseño de Pruebas PRAT Producción y Reparaciones,...
 - FRACAS FRB
 - Seguimiento de la Fiabilidad y comportamiento en vida útil
 - Investigación de Fallos (Pattern,...) → Rediseños?
 - Mejora continua de las características RAMS, eliminación de problemas que se van descubriendo



Detalle Proceso RMT-EF en ILS



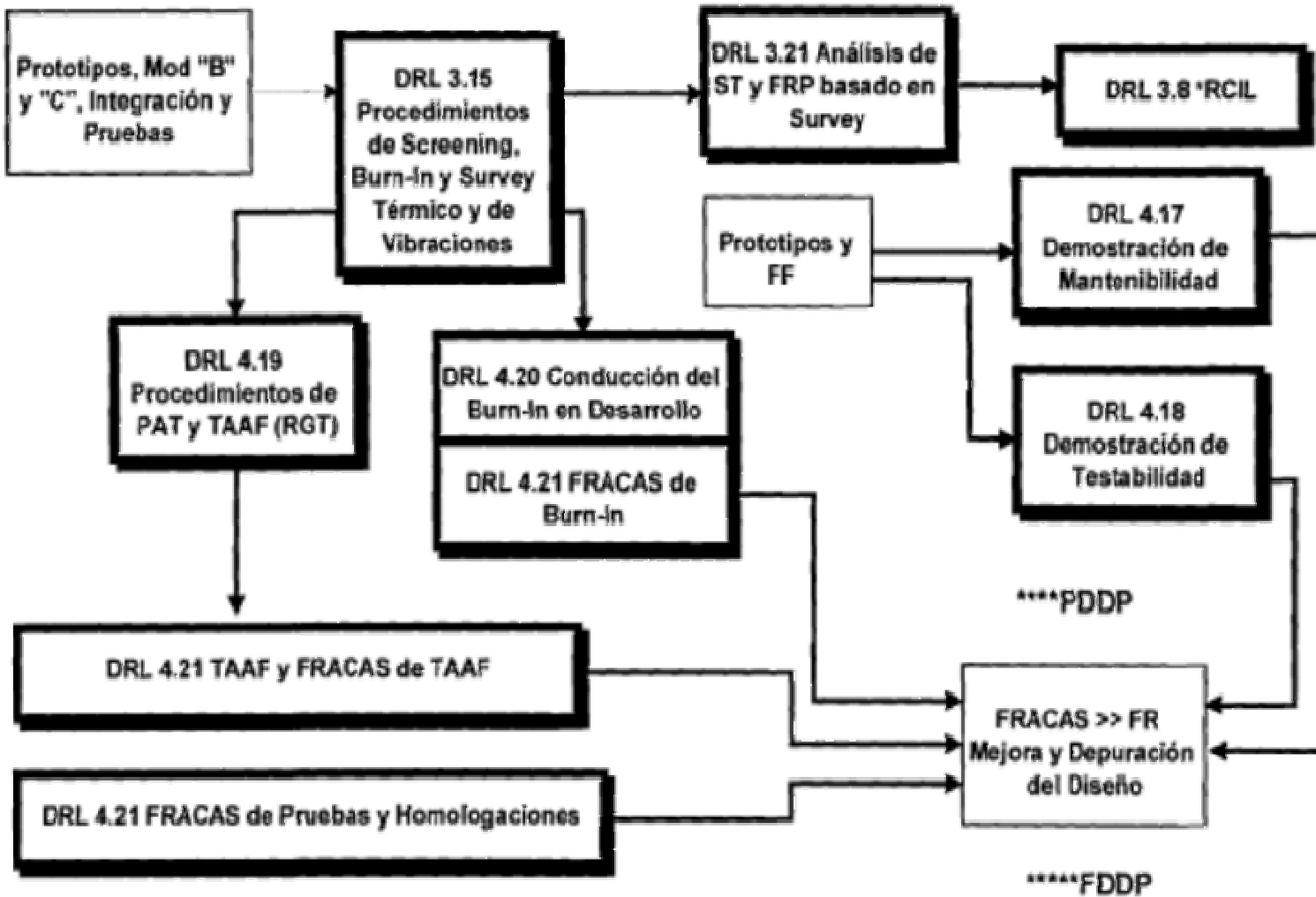
Detalle Proceso RMT en IS



DISEÑO Detallado e ING. de RM&T



Detalle Proceso RMT en ILS



PRUEBAS de DISEÑO e ING. de RM&T

NORMAS RAMS EN PROGRAMAS DE DEFENSA

Principales Normas Exigidas en Defensa para el Proceso de Ing. RAMS

- Hay Directivas y Normas NATO, de la ARMP-1 a la ARMP-9 de Fiabilidad (y algo MTS) de la OTAN con referencia a SAEs (eg la 5 estandariza la Formación de un Ing Fiabilidad)
- Hay Normas nacionales US-DOD MIL-STD/HDBKs, DEF-STAN, LAFNOR,..
- En España hay PEFM (menos de 6, 9 en prcsr)
- Hay procedimientos que aplican a los suministradores de grandes empresas Boeing, Airbus, Eurofighter, Eurocopter, NASA, ESA, EASA, FAA,.....
- Hay Guías de ayuda del Comité de Industrias y Servicios para la Defensa de la Q-AEC (2)
- ¿Hay alguna Publicación del Comité de Confiabilidad de la Q-AEC?
- El principal cuerpo de Doctrina RAMS es del US-DOD RIAC ROME AFB y sus MIL-STD/HBDBK, de la NASA, NAVAIR, OTAN y DEF-STAN hay más de 100 referidos a RAMS y de ellas la mitad a diversos aspectos de Fiabilidad

NATO Normas de F&M

- ARMP-1 NATO Requirements for Reliability and Maintainability
- ARMP-2 General Application Guidance on the Use of ARMP-1
- ARMP-3 Application of National R&M Documents
- ARMP-4 Guidance for Writing NATO R&M Requirement Documents
- ARMP-5 Guidance on Reliability and Maintainability Training (Syllabus CF&M Courses)
- ARMP-6 In-Service R&M
- ARMP-9 Guidance for Developing R&M Software

Principales Normas Exigidas por Contratos con Defensa para RAMS

- MIL-STD-785 RELIABILITY PLAN, con Tareas y Guía de Taylorización
- MIL-STD-470 MAINTAINABILITY PLAN
- MIL-STD-2165 TESTABILITY PLAN
- MIL-STD-882 SAFETY PLAN
- MIL-STD-1388-1 A LSA PLAN
- MIL-STD-881 WBS

Otras

- Dada su relevancia adjuntamos las un resumen de las mas relevantes, importantes o conocidas MIL-STD/HDBK-XXX:
 - REL PROG E.: 785B Programa de Fiabilidad (Desarrollo y Producción) 1543 (Ídem Espacial)
 - REL ASSES E.: 756 Modelización, HDBK-217 Predicción equipos electrónicos, 2155 FRACAS, 781 Pruebas de R, 189 RGT Mng., 2164 ESS, 344 ESS Equipos Electrónicos.
 - REL DESING E.: 1629 FMECA, 251 TH-A MNG, HDBK 338 Diseño para Fiabilidad de equipos electrónicos, 810 Env Test Methods, 727 Producibilidad, hay otras para equipos de Tierra y espaciales.
 - MAJOR PARTS E.: 883 Métodos de Ensayo, 38510 Microcircuitos, 38534 Híbridos, 19500 Semiconductores,..... Vs Component Production Specification.
 - MAINT & TEST PROG E.: 470B Programa de Mantenibilidad (Desarrollo y Producción) 2165 Programa de Testabilidad
 - MAINT ASSES E.: 472 Maint Predicción, 471 Maint Demostración, 2084 especificación de requisitos de Maint
 - SAFETY E.: 882 (FTA, ETA, Snake-CA, ComonCA, ZonalA, Cadenas de Markov-A,.....)

Normas General

- Las Normas nacen de Directivas (Dir.) del Mando del Ministerio de Defensa
- Las Normas están auspiciadas de la OTAN a nivel más Alto, y por el Ministerio de Defensa de cada País
- Los Ministerios de Defensa tienen organismos como el Arsenal Redstone del ARMY, la NASA, o el RiAC (USAF Fiabilidad, RAMS) en USA (Técnicas FMECA), o el INTA en España, que son capaces de generar algunas normas
- Pero la mayoría nacen de la experiencia y procesos empleados en cada empresa y del trabajo conjunto de las Empresas, (por ejemplo: Boeing con las Aerolíneas, MSG-3, RCM); por lo general son grupos de trabajo amplios, con experiencia real y que establecen procedimientos, con procesos sencillos, que requieren datos fáciles de conseguir y fáciles de aprender, implementar, e interpretar, (pero por otro lado a veces resultan repetitivos y tediosos, uso de herramientas SW)



Algunos Partners con los que Aprendimos (On the Job + Ground Rules) Formas de Trabajo de RAMS

- CASA-EADS
- DORNIER
- Messerschmitt MBB
- DASA, Chrysler Daimler, EADS,
- CASSIDIAN
- BAe
- Lockheed Martin
- Boeing
- Airbus
- Eurocopter
- ALENIA, S.P.A.
- Astrium
- MEGGIT
- GEC
- FERRANTI International
- ENOSA-INDRA
- Galileo Avionics
- Cubic
- PILKINGTON
- THORN-EMI
- Thompson
- FIAR, S.P.A.
- SELEX
- MARCONI
- GEC
- SMITH INDUSTRIES
- THALES
- EMPRESARIOS AG./Iberespacio
- NAVANTIA, FABIA, SAES
- GD Santa Bárbara
- ITP
- BAT
- CRISA
- RAFAEL
- ELOP
- ECI Telecom
- Harris