



Escuela de Ingeniería
¡U.S.A. tu INGENIO!



UNIVERSIDAD
SERGIO ARBOLEDA
Donde tú **SI** cuentas.

A Model for the development of the C&DH of the Mission Libertad 2

Claudio Marcel Hernández Calderón
Freddy Alexander Díaz González
Juan Sebastián Triana Correa

10th Spring CubeSat Developer's Workshop
California Polytechnic State University
April 24 – 26 2013

Contents

- **CubeSat Mission Libertad 2**
- **Introduction**
- **Space Mission Analysis and Design (SMAD) – NASA NPR'S**
- **European Cooperation for Space Standardization (ECSS – 40C)**
- **Rational Unified Process (RUP SE)**
- **SMAD-ECSS-RUP**
- **Comparative Analysis**
- **Model**
- **References**



Escuela de Ingeniería

¡U.S.A. tu INGENIO!



UNIVERSIDAD
SERGIO ARBOLEDA

Donde tú **SI** cuentas.

CubeSat Mission Libertad 2



Camera

Source: <http://gomspace.com/index.php?p=products-c1u>



Nano-Pacemaker

Source:

<http://news.sciencemag.org/sciencenow/2003/11/21-01.html?ref=hp>

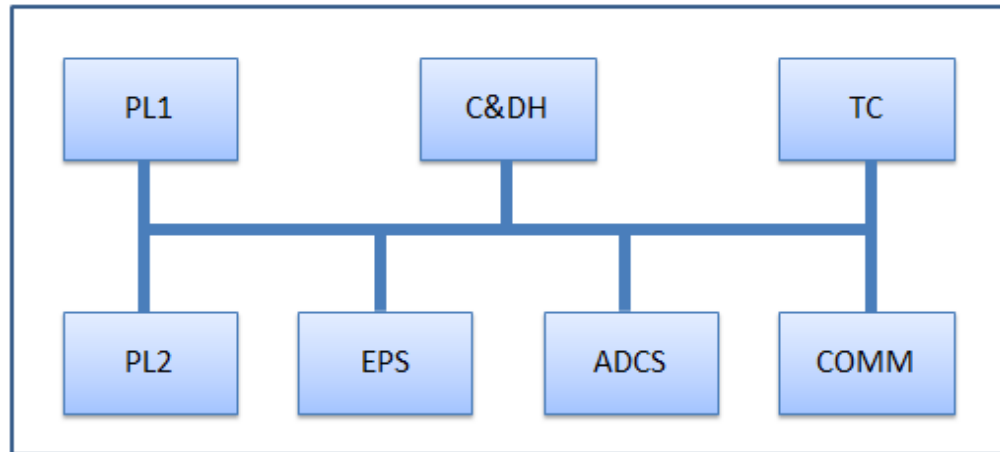


Figure Base Architecture

Source: Subsistemas de Satélites Cap 2; Diaz, Freddy A

CubeSat Standard

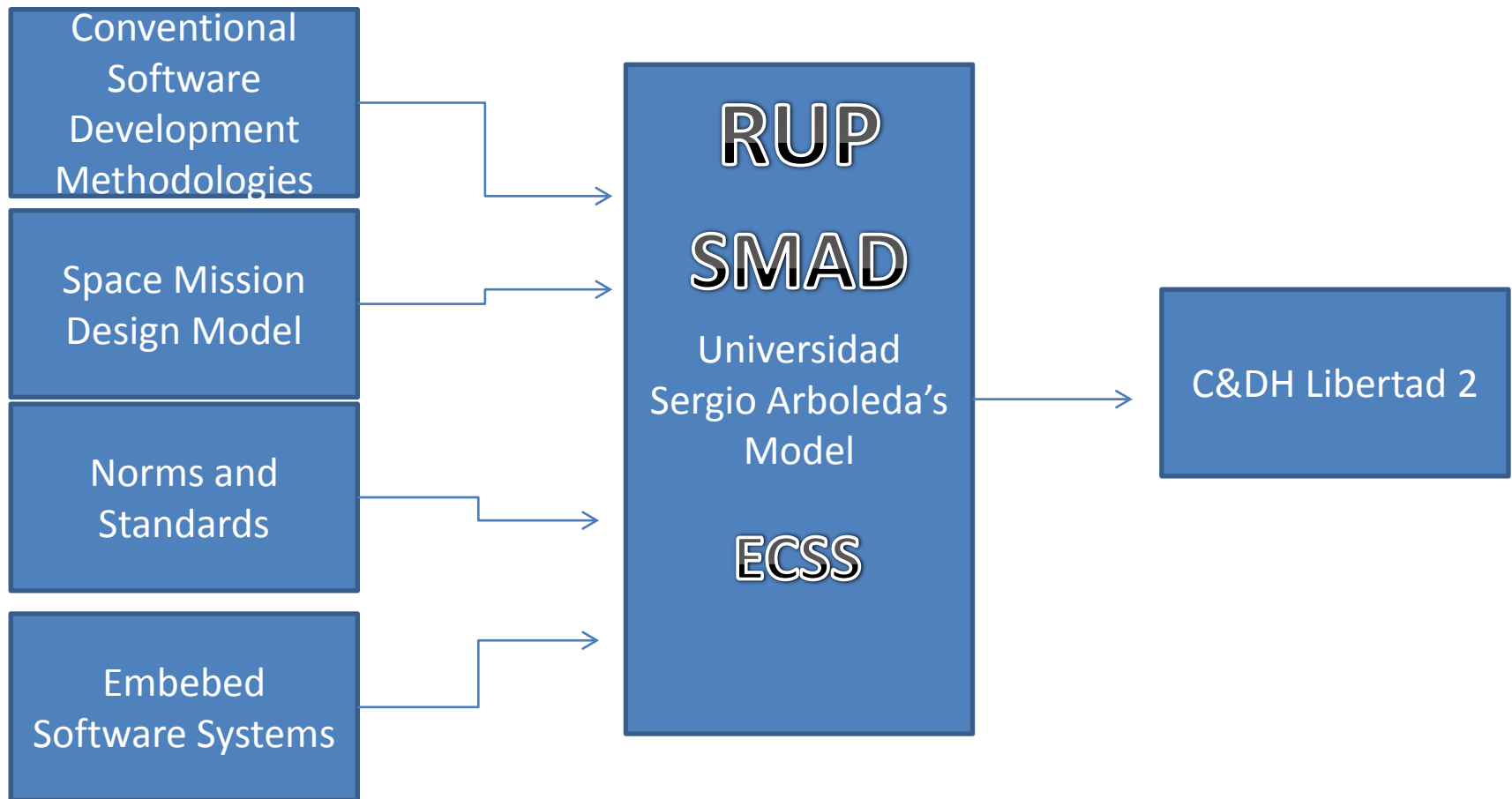
Distributed Processing

Low Earth Orbit

C&DH master

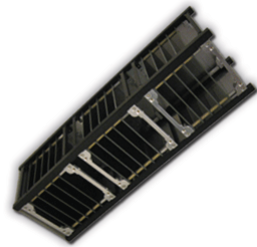
PC 104 Bus

Development Model for C&DH



Introduction

- One of the main objectives of the satellite mission Libertad 2 is that the development of the satellite components **be led by the students**.
- The technical language of SMAD and ECSS standards is **focused on satellite missions**.
- Software engineers of Universidad Sergio Arboleda are familiarized with **Software's Life Cycle** presented by RUP and its language.
- For developing the C&DH from Libertad 2 and get a better understanding of the methods proposed by SMAD and ECSS we have begun the task of making a **comparative analysis of the three models RUP+SMAD+ECSS**
- The expected result is the **development process for the C&DH** of the Libertad 2 mission.



Escuela de Ingeniería
¡U.S.A. tu INGENIO!



UNIVERSIDAD
SERGIO ARBOLEDA

Donde tú **SI** cuentas.

SPACE MISSION ANALYSIS AND DESIGN

	FORMULATION			IMPLEMENTATION			
	Pre-Phase A	Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E	Phase F
Project Phases	Concept Studies	Concept and Technology Development	Preliminary Design and Technology Completion	Final Design and Fabrication	System Assembly, Integration, Test Launch & Checkout	Operations & Sustainment	Closeout
Key Decision Points		▽	▽	▽	▽	▽	▽
Reviews	▲ MCR ▲ Preliminary Requirements	▲ SRR ▲ SDD	▲ SDR ▲ PDR/CDR	▲ PDR/CDR	▲ PDR/CDR ▲ PRR ▲ SIR	▲ FRR ▲ ORR ▲ AR	▲ PFAR

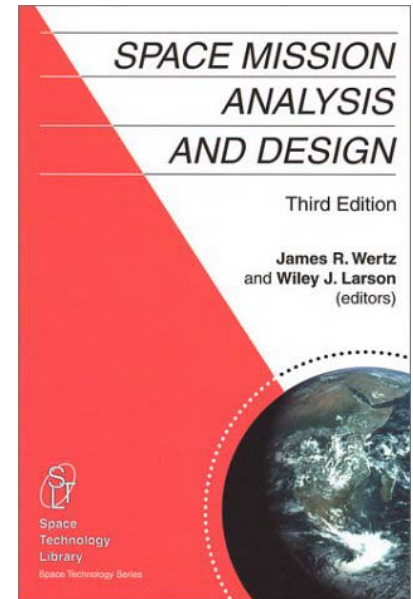
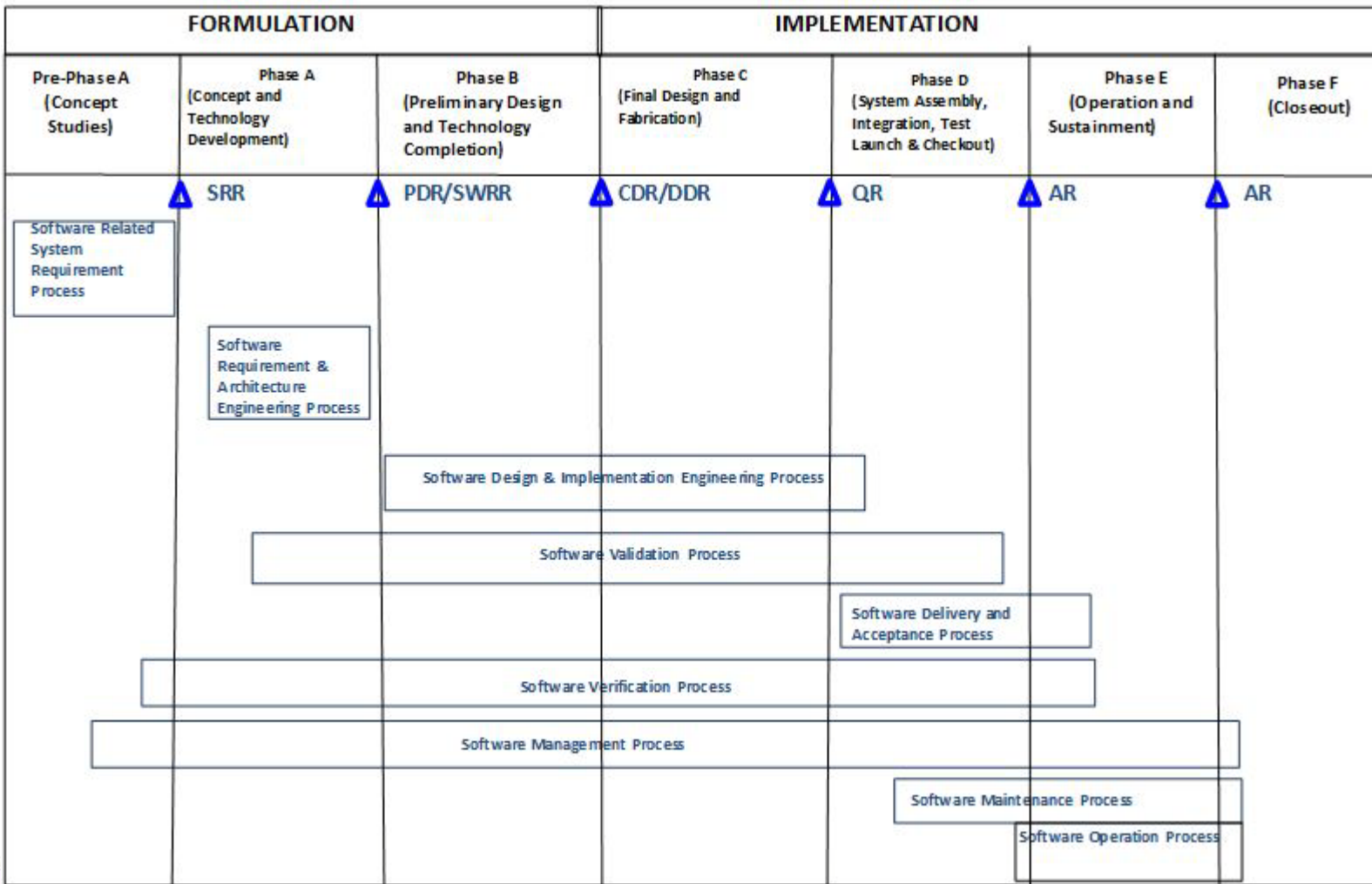
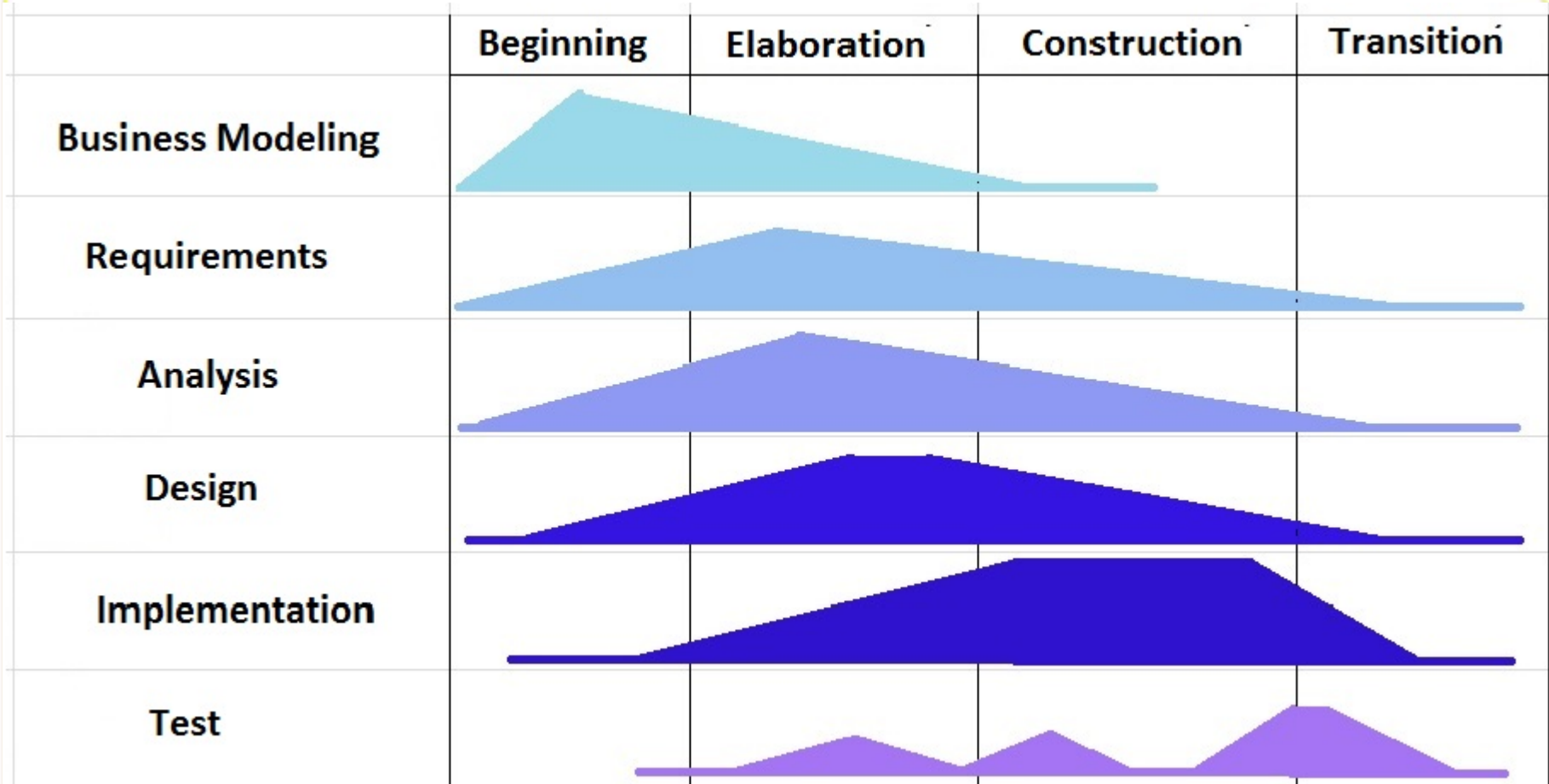


Figure: NASA Project Life Cycle. Source: NASA Procedural Requirements (NPR7120.5)

European Cooperation For Space Standardization (ECSS-40C Software)

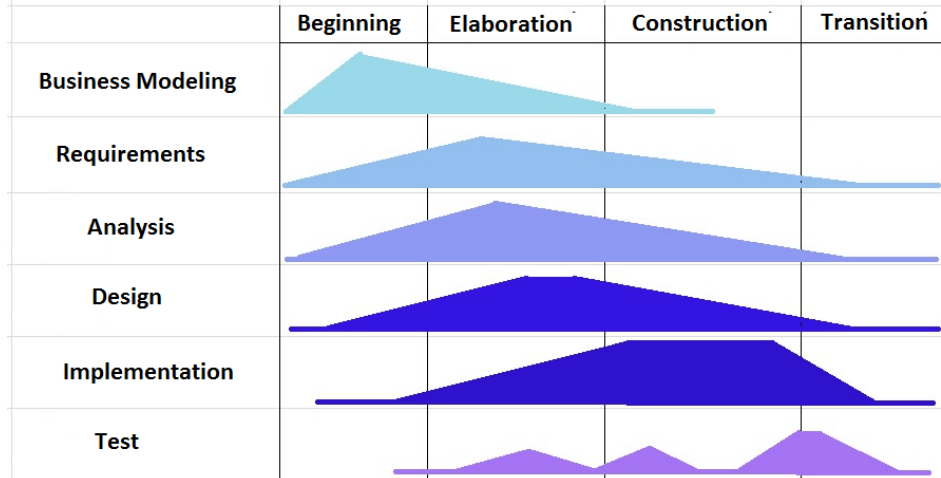
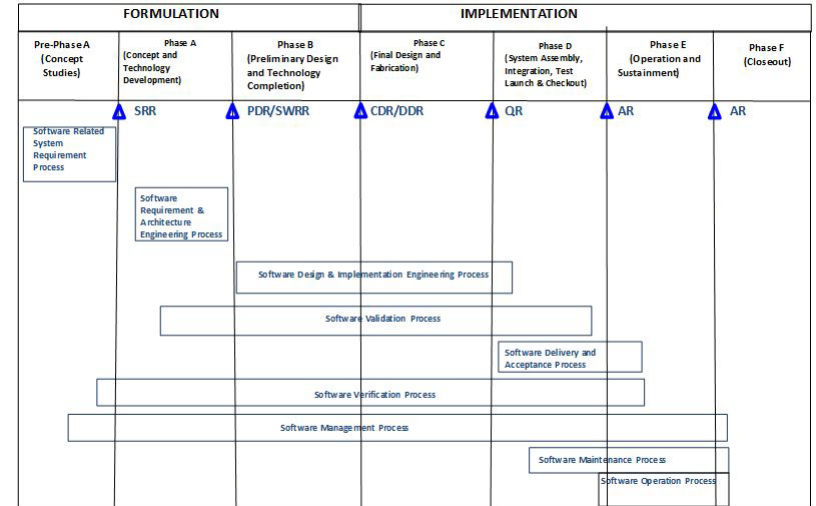


Rational Unified Process (RUP)

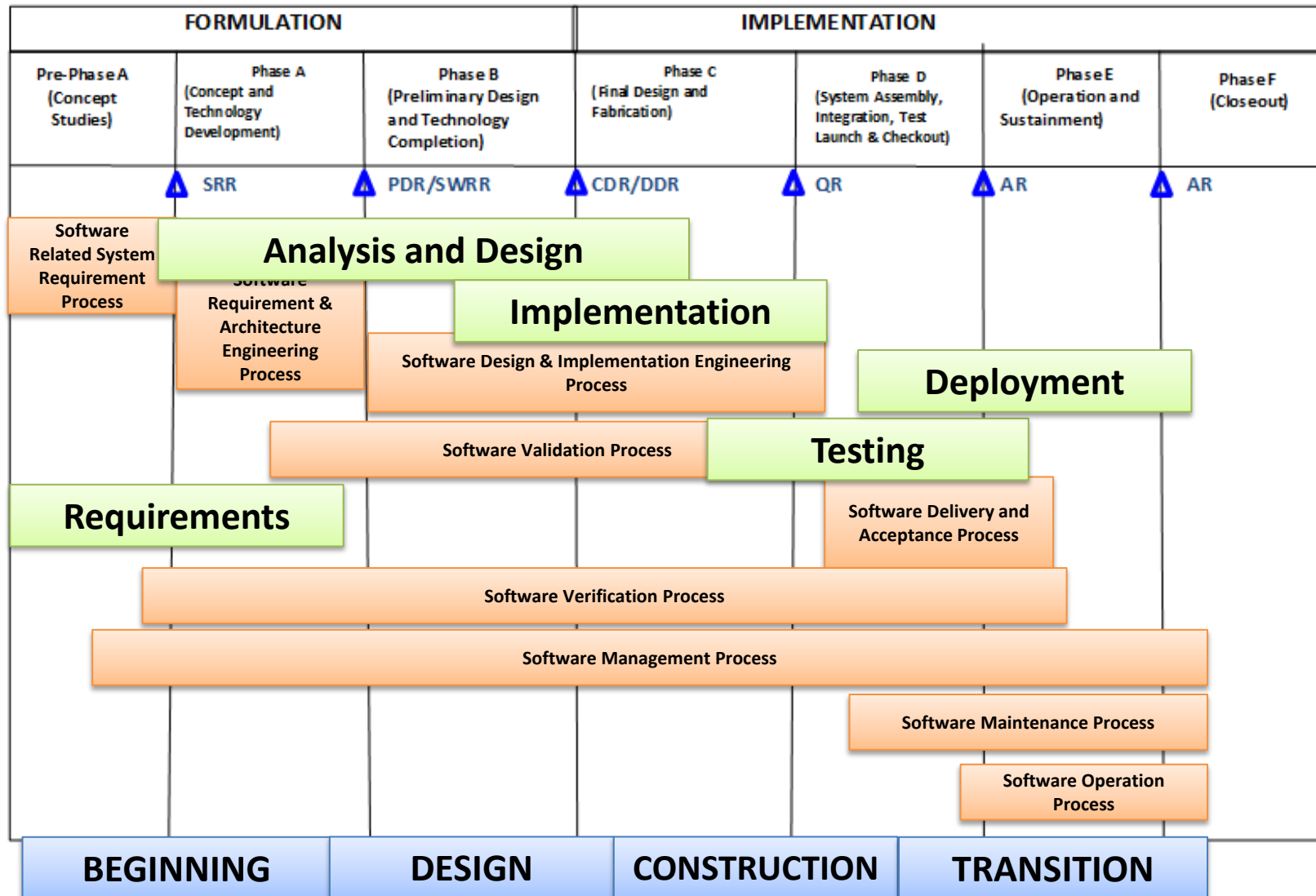


SMAD + ECSS + RUP

	FORMULATION			IMPLEMENTATION			
	Pre-Phase A	Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E	Phase F
Project Phases	Concept Studies	Concept and Technology Development	Preliminary Design and Technology Completion	Final Design and Fabrication	System Assembly, Integration, Test Launch & Checkout	Operations & Sustainment	Closeout
Key Decision Points		▽	▽	▽	▽	▽	▽
Reviews	△ MCR △ Preliminary Requirements △ SRR △ SDD	△ SDR △ PDR/CDR		△ PDR/CDR	△ PDR/CDR △ PRR △ SIR △ FRR △ ORR	△ AR	△ PFAAR



SMAD + ECSS + RUP



Comparative Analysis – Phase Pre-A

SMAD				ECSS				RUP				RUP+SMAD+ECSS for Libertad 2			
Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Discipli	Artefact	Phase R	Activity	Discipline	Artefact
Pre-A	Identificar requerimientos de Misión.	Identificación de Necesidades de Misión	Lista Necesidades de Misión	0	Análisis de Requerimientos del Sistema relacionados con Software	Proceso de Requerimientos del Sistema Relacionados con Software	Lista de Requerimientos del Sistema	Inicio	Enumerar Requisitos Candidatos, Comprender contexto	Captura de Requisitos	Listado de Características, Modelo de Dominio	Pre-A	Identify mission needs and objectives	High Level Requirements	Lista Requerimientos de Alto Nivel
Pre-A	Definir Requerimientos del Sistema: Funcionales, Operacionales, Restricciones	Definición de Requerimientos	System Requirement Specification	0	Definir Requerimientos Funcionales, de Desempeño, de Operación de Software	Proceso de Requerimientos del Sistema Relacionados con Software	Lista de Requerimientos del Sistema	Inicio	Capturar Requisitos Funcionales y No Funcionales y Restricciones	Captura de Requisitos	Lista Requisitos	Pre-A	Functional, Operational and Performance Requirements	Software Requirements	Software Requirements List
Pre-A	Requerimientos derivados del Payload. Requerimientos de Implementación de Misión Requerimientos de Desempeño	Definición de Requerimientos	System Requirement Specification	0	Requerimientos para modificaciones <i>en vuelo</i> , Requerimientos de Seguridad, Requerimientos de Mantenimiento	Proceso de Requerimientos del Sistema Relacionados con Software	Lista de Requerimientos del Sistema					Pre-A			
Pre-A	Requerimientos de Interfaz: Físicos, Funcionales, Operacionales	Definición de Requerimientos	Interface Requirement Document IRD									Pre-A	Interface Requirements, Physical, functional and operational	Software Requirements	Interface Requirement Document
Pre-A	Descripción de interfaz física entre dos elementos del sistema y datos de entrada y salida	Definición de Requerimientos	Documento de Control de Interfaz (Interface Control Document ICD)	0	Especificar interfaces externas con aspectos dinámicos y estáticos	Proceso de Requerimientos del Sistema Relacionados con Software	Especificación de Requerimientos de Interfaces Externas					Pre-A	Interface Specification between elements. Dynamic and static aspects	Software Requirements	Interface Control Document
				0	Requerimientos para <i>Real Time</i> .	Proceso de Requerimientos del Sistema Relacionados con Software	Lista de Requerimientos del Sistema					Pre-A	Real Time Requirements	Software Requirements	Software Requirements List
				n	Especificar Requerimientos a ser	Proceso de Requerimientos del Sistema	Requerimiento								

Comparative Analysis – Phase A

SMAD				ECSS				RUP				RUP+SMAD+ECSS for Libertad 2			
Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase RU	Activity	Discipline	Artefact
A	Asegurar correcta formulación de requerimientos Software. Recopilar requerimientos funcionales, de desempeño y operacionales	Requerimientos Software	System Requirements Review	A	Análisis de Requerimientos Software: Especificaciones Funcionales, de Desempeño y Entorno Operacional	Proceso de Ingeniería de la Arquitectura y Requerimientos Software	Software Requirement Specification					A	Análisis de Requerimientos Software: Especificaciones Funcionales, de Desempeño y Entorno Operacional	Software Requirement & Architecture Engineering Process	Software Requirement Specification
				A	Análisis de Requerimientos: Interfaces Externas, y de Modificaciones Software <i>in Flight</i> .	Proceso de Ingeniería de la Arquitectura y Requerimientos Software	Software Requirement Specification					A	Análisis de Requerimientos: Interfaces Externas, y de Modificaciones Software <i>in Flight</i> .	Software Requirement & Architecture Engineering Process	Software Requirement Specification
A	Recopilar Requerimientos Software de Subsistemas y relaciones entre ellos	Revisión de Requerimientos	System Requirements Review									A	Collect Software Requirements of Subsystems and Relationships	Software Requirement & Architecture Engineering	Software Requirement Specification
A	Recopilar requerimientos Software expresados en casos de uso. Descripción Lógica del Modelo	Revisión de Requerimientos	Descripción Lógica del Modelo	A	Construir modelo lógico del Software.	Proceso de Ingeniería de la Arquitectura y Requerimientos Software	Preliminary Design Review	Inicio	Encontrar Actores y Casos de Uso	Captura de Requisitos como Casos de Uso	Modelo de Casos de Uso	A	Find Actors and Use Cases	Requirements capture as Use Cases	Use Case Model
								Inicio	Priorizar Casos de Uso	Captura de Requisitos como Casos de	Lista Casos de Uso Priorizados	A	Priorizar Casos de Uso	Requirements capture as Use Cases	Lista Casos de Uso Priorizados
								Inicio	Detallar Casos de Uso: Diagrama de Estados	Captura de Requisitos como Casos de	Diagrama de Estados para Casos	A	Detail Use Cases: State Diagrams	Requirements capture as Use Cases	Diagrama de Estados para Casos de Uso

Comparative Analysis – Phase A

A	Ubicación preliminar de requerimientos en cada ítem Software/Hardware, componentes Software, propiedades y relaciones entre ellos	Evaluación de Arquitectura	System Design Document	A	Diseño de Arquitectura de Software: Ubicar Requerimientos Software en Componentes SW/HW	Proceso de Ingeniería de la Arquitectura y Requerimientos Software	Software Design Document	Inicio	Análisis de la Arquitectura: Organizar el modelo en piezas manejables de acuerdo a requisitos funcionales	Análisis	Diagrama de Componentes	A	Locate Requirements on Software Items Ubicar Requerimientos en ítems. Modelling	Architecture Engineering	Components Diagram
				A	Diseño de Arquitectura de Software: Describir descomposición estática de la arquitectura en elementos software (paquetes, clases o unidades.)	Proceso de Ingeniería de la Arquitectura y Requerimientos Software	Software Design Document	Inicio	Análisis de la Arquitectura: Asignar casos de uso a paquetes distinguiendo (casos para soporte a procesos, casos para soporte a actores)	Análisis	Paquetes del Análisis	A	Asignar casos de uso a paquetes: "Soporte a Procesos." Soporte a Actores	Architecture Engineering	Paquetes de Análisis
								Inicio	Análisis de la Arquitectura: Identificación de clases, Esbozo inicial de clases	Análisis	Clases del Análisis	A	Initial class draft	Architecture Engineering	Class Diagram
A	Análisis de desempeño y comportamiento del sistema, descripción de unidades software al más bajo nivel	Evaluación de Arquitectura	Diagrama de Secuencia para cada escenario	A	Diseño de Arquitectura de Software: Describir descomposición dinámica de la arquitectura (hilos, tareas y	Proceso de Ingeniería de la Arquitectura y Requerimientos Software	Software Design Document	Inicio	Análisis de la Arquitectura: Descripción de la Arquitectura con Requisitos Especiales	Análisis	Vista del Modelo de Análisis	A	Behavioral analysis of the system. Software units description	Analysis	Sequence Diagram (For each scenario)

Comparative Analysis – Phase B

SMAD				ECSS				RUP				RUP-SMAD-ECSS for Libertad 2				
Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Discipli	Artefact	Phase R	Activity	Discipline	Artefact	
								Elaboració	Diseño de la Arquitectura: Identificar nodos y configuraciones físicas de red	Diseño	Diagrama de Despliegue	B	Diseño de la Arquitectura: Identificar nodos y configuracion	Architectur al Design	Deployment Diagram	
B	Definición de Tareas: Sistema operativo, SW Gestión del Sistema, SW Control del Sistema, SW administración y control de Datos, SW de Gestión de Payload, SW de	Definición de Tareas de Procesamiento	System Requirements Review									B	Definition: Operative System. System Management SW, System Control SW, Payload SW, Communication	Software Items Design	Processing Tasks	
				B	Diseño de Items Software: Diseño detallado de	Proceso de Diseño de Software e Ingeniería de la Implementación	Software Design Document									
								Elaboració	Diseño de un Caso de Uso: Diagramas con instancias de	Diseño	Diagramas de Secuencia	B	Use Case Design: Participant Subsystems and interfaces. Interactions	Detailed Design	Sequence Diagram	
								Elaboració	Diseño de un Caso de Uso: identificar Subistemas e Interfaces	Diseño	Diagramas de Secuencia(con subsistemas)					
								Elaboració	Diseño de un Caso de Uso: Describir Interacciones entre subsistemas	Diseño	Diagramas de Secuencia(con subsistemas)					
				B	Diseño de Items Software: Documentar mecanismos de sincronización y gestión de acceso y ubicación de	Proceso de Diseño de Software e Ingeniería de la Implementación	Modelo diseño de Software Real Time					B	Document synchronization mechanisms and resources management	Detailed Design	Real Time Software Design Model	

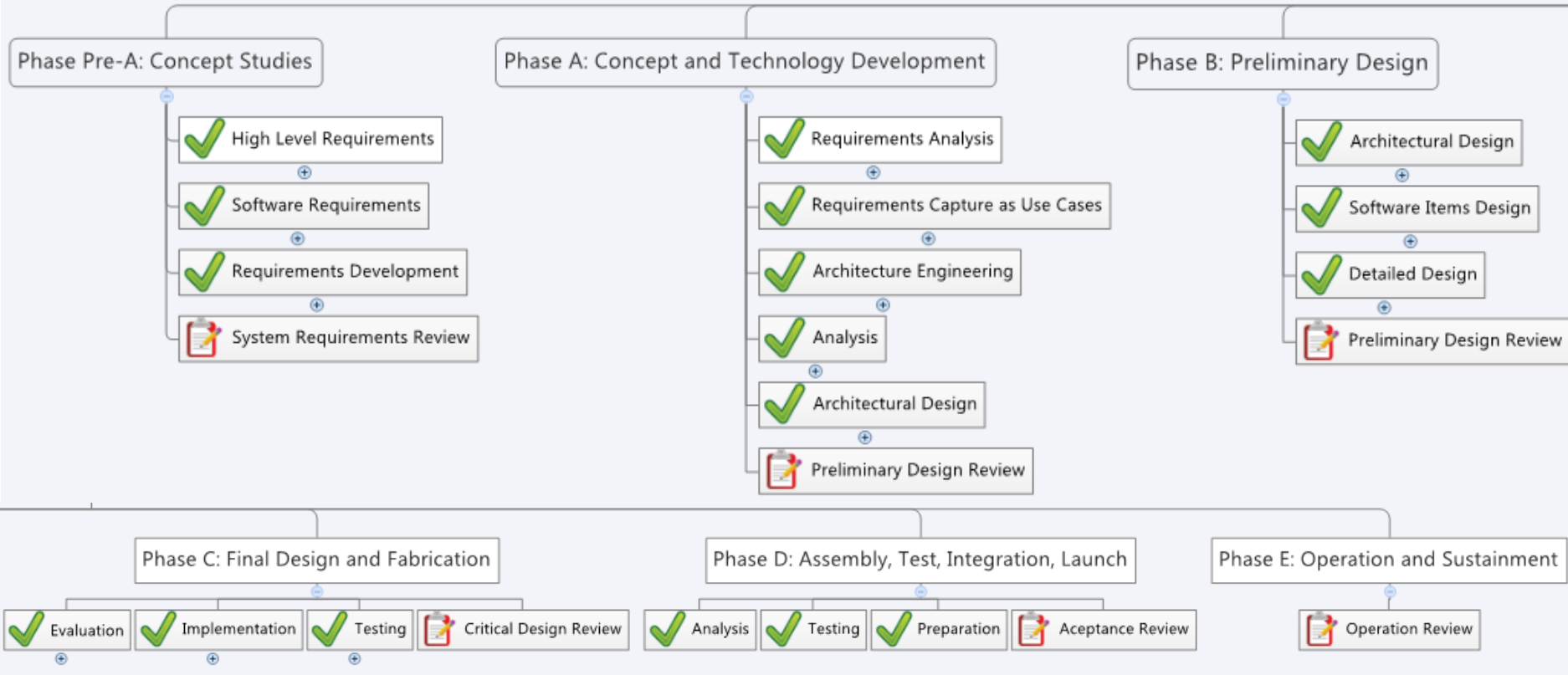
Comparative Analysis – Phase C

SMAD				ECSS				RUP				RUP+SMAD+ECSS for Libertad 2			
Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase RU	Activity	Discipline	Artefact
C	Evaluación de tecnología y nivel de autonomía	Línea Base de Construcción	System Design Document									C	Evaluación de Tecnología y Nivel de Autonomía	Evaluation	System Design Document
C	Evaluación de Diseños de componentes para los subsistemas, verificar distribución de componentes en arquitectura	Línea Base de Construcción	System Design Document					Construcción	Implementación de la Arquitectura: Identificar Componentes Significativos a la Arquitectura	Implementación	Descripción de la Arquitectura (Modelo de Despliegue)	C	Evaluación de Diseños de componentes para los subsistemas, verificar distribución de componentes en arquitectura	Evaluation	System Design Document
C	Planificación de Desarrollo, evaluación de madurez de diseño	Línea Base de Construcción	System Design Document					Construcción	Crear Plan de Integración de Construcciones	Implementación	Plan de Integración de Construcciones	C	Development Planning	Evaluation	Constructions Plan
								Construcción	Planificar una Construcción	Implementación	Plan de Integración de Construcciones	C	Planificar una Construcción	Implementation	Plan de Integración de Construcciones
								Construcción	Implementar un Subsistema, mantener integridad, contenidos y refinar	Implementación	Subsistemas de Implementación Modelo	C	Implementar un Subsistema, mantener integridad, contenidos y refinar	Implementation	Subsistemas de Implementación-Modelo
C	Revisión de ciclo de vida del Software, Elaboración código fuente	Desarrollo de Software	Código fuente	C	Codificación y Pruebas: Desarrollo de Unidades Software, codificación de cada unidad	Proceso de Diseño de Software e Implementación de Ingeniería	Código de Componentes/ Software Design Document	Construcción	Implementar una Clase de Diseño: Implementar en componente fichero, generar código fuente, implementar operaciones de la clase como	Implementación	Componente (Implementado)	C	Implement a Design Class. Implement a component, Files, Source Code, Methods and Interfaces	Implementation	Component Implemented
				C	Codificación y Pruebas: Desarrollo de procedimientos para compilar unidades Software	Proceso de Diseño de Software e Implementación de Ingeniería	Código de Componentes/ Archivo de Configuración de Software					C	Codification and Testing: Procedures Development	Implementation	Code. Software Configuration File
				C	Codificación y Pruebas: Pruebas de Unidades Software, especificar datos y procedimientos de pruebas	Proceso de Diseño de Software e Implementación de Ingeniería	Plan de Pruebas de Unidades Software					C	Codificación y Pruebas: Pruebas de Unidades Software, especificar datos	Implementation	Software Units Test Plan

Comparative Analysis – Phase D

SMAD				ECSS				RUP				RUP+SMAD+ECSS for Libertad 2			
Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Discipline	Artefact	Phase	Activity	Disciplin	Artefact	Phase RU	Activity	Discipline	Artefact
D	Examen de características actuales del sistema y procedimientos definidos	Análisis Estado del Sistema	Operational Readiness Review									D	Analysis of current characteristics of the system.	Analysis	Operational Readiness Review
D	Establecimiento Plan de Pruebas de Software y Procedimientos de Pruebas	Pruebas de Software	Plan de Pruebas/ Procedimientos de Pruebas	D	Integración: Desarrollo de plan de pruebas de integración	Proceso de Diseño de Software e Implementación de Ingeniería	Plan de Pruebas de Integración de Software	Transición	Planificar Prueba: Definir Estrategia, Planificar recursos para Prueba	Pruebas	Plan de Prueba	D	Establishment of Software Test Plan and Software Test Procedures	Testing	Software Testing and Integration Plan
				D	Integración: Diseño de Pruebas, Especificación de Casos de pruebas, Procedimientos de Prueba, Datos de Prueba	Proceso de Diseño de Software e Implementación de Ingeniería	Plan de Pruebas de Integración de Software	Transición	Diseñar una Prueba: Describir casos de prueba para cada construcción, Estructurar procedimientos de Prueba	Pruebas	Casos y Procedimientos de Pruebas	D	Design Integration, Tests Design, Specification of Test Cases, Data for Tests	Testing	Test Cases and Procedures
								Transición	Implementar Prueba: Si es posible crear componentes de prueba	Pruebas	Componente de Prueba	D	Implementar Prueba: Si es posible crear componentes de prueba	Testing	Componente de Prueba
D	Realizar Pruebas de acuerdo a Planes definidos	Pruebas de Software	Reporte de Pruebas	D	Integración y Pruebas de Unidades/Componentes Software: Probar componentes de acuerdo al plan hasta comprobar	Proceso de Diseño de Software e Implementación de Ingeniería	Reporte de Pruebas de Integración	Transición	Realizar Pruebas de Integración para cada construcción	Pruebas	Defecto(s)	D	Integración y Pruebas de Unidades/Componentes Software: Probar componentes de acuerdo al plan hasta comprobar	Testing	Reporte de Pruebas

Model



Escuela de Ingeniería
¡U.S.A. tu INGENIO!



UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA

Donde tú **SI** cuentas.

References

- [1] Command And Data Handling Design For The Compass-1 Picosatellite; Scholz, Artur; Año 2004
- [2] A High Performance Command And Data Handling System For Nasa's Lunar Reconnaissance Orbiter; de Jong, S; Aalbers, G.T.; Bouwmeester, J.; Año 2008; 59th International Astronautical Congress
- [3] A High Performance Command And Data Handling System For Nasa's Lunar Reconnaissance Orbiter; de Jong, S; Aalbers, G.T.; Bouwmeester, J.; Año: 2008; 59th International Astronautical Congress
- [4] European Cooperation For Space Standarization; Año: 2008 Requirements And Standar Division
- [5] MIL STD 1533; AIM GmbH Avionics Databus Solutions; Año 2002
- [6] Communications Prottocol RS 422/ RS 485; American Dynamics;
- [7] COMMAND AND DATA HANDLING SYSTEM DESIGN FOR THE COMMPASS S-1 PICOSATELLITE; Scholz, Artur; Año 2004; : University of Applied Sciences Aachen, Germany
- [8] INTEGRATION AND VERIFICATION OF A COMMAND AND DATA HANDLING SUBSYSTEM FOR NANO-SATELLITE PROJECTS WITH CRITICAL TIME CONSTRAINTS: DELFI-C3; : B.Vaartjes, R.J.Hamann, R.Amini; Año 2007; Space Systems Engineering , Delft University of Technology (TU Delft), Delft, The Netherlands
- [9] A HIGH PERFORMANCE COMMAND AND DATA HANDLING SYSTEM FOR NASA'S LUNAR RECONNAISSANCE ORBITER; Q. Nguyen, W. Yuknis, S. Pursley, N.Haghani, D. Albaijes, O. Haddad; Año 2008; NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 20771
- [10] IMPROVED COMMAND AND DATA HANDLING SYSTEM FOR THE DELFI-N3XT NANOSATELLITE; S. de Jong, G.T. Aalbers, J. Bouwmeester; Año 2008; Chair of Space Systems Engineering, Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands; 59th International Astronautical Congress, Glasgow, Scotland, UK, 29 September - 3 October 2008
- [10] Space Mission Engineering The New SMAD. Microcosm University of Southern California, Everet, David F; Purchell, Jeffery J



Escuela de Ingeniería
¡U.S.A. tu INGENIO!



UNIVERSIDAD
SERGIO ARBOLEDA

Donde tú **SI** cuentas.

Questions- Contact

- Claudio Marcel Hernández Calderón
claudio.hernandez@correo.usa.edu.co
- Freddy Alexander Díaz González
freddy.diaz@correo.usa.edu.co
- Juan Sebastián Triana Correa
juans.triana@correo.usa.edu.co



Escuela de Ingeniería
¡U.S.A. tu INGENIO!



UNIVERSIDAD
SERGIO ARBOLEDA
Donde tú **SI** cuentas.