

# Índice general

<b>1. Habilidades CDIO</b>	<b>3</b>
1.1. Introducción . . . . .	3
1.1.1. Objetivos de la Iniciativa CDIO . . . . .	3
1.1.2. Estructura del Plan de Estudios CDIO . . . . .	5
1.1.3. Implementación del Plan de Estudios CDIO . . . . .	6
1.2. Definición e Identificación de las Habilidades CDIO . . . . .	8
1.2.1. Introducir, Enseñar y Usar . . . . .	8
1.2.2. Habilidades CDIO . . . . .	8
1.2.3. Competencias de las Habilidades CDIO 2 y 3 . . . . .	10
1.2.4. Competencias de las Habilidades C.D.I.O. Sistemas en el contexto Empresarial, Social y Ambiental - Innovación . . . . .	12
1.3. Integración de las Habilidades CDIO al Plan de Estudios . . . . .	12
1.3.1. Objetivo General . . . . .	12
1.3.2. Objetivos Específicos . . . . .	14
1.3.3. Ojbetivos comunes . . . . .	14
1.3.4. Contenido . . . . .	15
1.3.5. Metodología . . . . .	19
1.3.6. Actividades . . . . .	19
1.3.7. Plataforma de Desarrollo SAKC . . . . .	21
1.4. Desarrollo de Métodos de Evaluación . . . . .	22



# Capítulo 1

## Habilidades CDIO

### 1.1. Introducción

La iniciativa CDIO <sup>1</sup> ha sido desarrollada con ayuda de académicos, industriales, ingenieros y estudiantes[1]. Es posible adaptar esta iniciativa a cualquier centro educativo en Ingeniería, y ha sido adoptada por un creciente número de instituciones académicas a lo largo del mundo.

La educación de la ingeniería y las demandas del mundo real están tomando caminos separados, la Iniciativa CDIO es un proyecto mundial que busca desarrollar una nueva visión de la educación en ingeniería. Hacer parte de este esfuerzo mundial nos ayuda a mantener nuestros planes académicos actualizados con los cambios que se realizan en países más industrializados. En este capítulo mostraremos como esta iniciativa se adapta perfectamente a los cambios que se han introducido en el área de la electrónica digital en la universidad Nacional de Colombia.

La Iniciativa CDIO se basa en la suposición que los egresados de los centros de formación en ingeniería deben ser capaces de: Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas complejos en un entorno basado en equipos para crear sistemas y productos. En Colombia, la mayoría de los centros de formación solo tienen en cuenta la Concepción y el Diseño, descuidando por completo la Implementación y la Operación de sistemas, esto, impide que se tenga una estrecha relación con la industria, la cual, requiere productos que pueda comercializar o soluciones a sus necesidades.

#### 1.1.1. Objetivos de la Iniciativa CDIO

La Iniciativa CDIO se enfoca en preparar a los estudiantes con los conocimientos habilidades y aptitudes para ser ingenieros líder. Y sus principales objetivos son: [1]:

- Educar a los estudiantes para dominar un conocimiento más profundo de los fundamentos técnicos.
- Educar a los ingenieros para liderar la creación y operación de nuevos productos y sistemas.
- Educar futuros investigadores para entender la importancia estratégica y el valor de su trabajo.

---

<sup>1</sup><http://www.cdio.org>

El Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia está realizando el trabajo de adaptar la Iniciativa CDIO a su programa académico, esta iniciativa coincidió con el desarrollo de esta investigación. Los objetivos de esta iniciativa se adaptan a los requerimientos que se exige a la plataforma tecnológica de un país para que pueda realizar una adecuada absorción del conocimiento transferido y posteriormente transformar ese conocimiento en nuevos productos adaptados a las necesidades del país.

Las premisas que capturan la visión, objetivos y fundamentos pedagógicos de la Iniciativa CDIO son:

- Es posible cumplir las necesidades propias de la profesión mientras al mismo tiempo se realiza el proceso de Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en el contexto de los sistemas de Ingeniería.
- Los resultados de la formación deben ser fijados por los sectores interesados (Academia, Industria, Gobierno) y deben formar una secuencia de experiencias de aprendizaje, algunas de las cuales son experimentales, es decir, deben enfrentar a los estudiantes a situaciones que encontrarán en el ejercicio de su profesión.
- La adecuada construcción de esta cadena de actividades tendrán un doble impacto en la formación de los estudiantes, por un lado facilitará el aprendizaje de habilidades críticas e inter-personales y fortalecerá las habilidades de construcción de sistemas, productos y procesos, mientras se mejora el aprendizaje de los conceptos fundamentales.

### liderazgo

La situación actual por la que atraviesa la Industria electrónica nacional, requiere que los profesionales en el área tengan las capacidades de emprendimiento y liderazgo necesarias para la creación de nuevas empresas o para la creación de nuevos productos, la Figura 1.1 muestra la relación entre emprendimiento, liderazgo y las habilidades CDIO.



Figura 1.1:

fuelle:[2]

Las habilidades principales que deben poseer un líder según la *Sloan School of Management at MIT* son [3]:

- *Interpretar* Interpretar el contexto de los cambios mundiales incluyendo el uso de pequeños experimentos para obtener información.

- *Relacionarse* Desarrollar relaciones confiables con diferentes tipos de personas, utilizando las preguntas para saber como comunicarse de forma efectiva.
- *Visión* Crear una visión para uno mismo y transmitir esta visión a los demás.
- *Realización de la Visión*

## Emprendimiento

El concepto clásico de emprendimiento involucra el re-direccionamiento y movilización de capital y recursos humanos para crear una nueva actividad económica. Actualmente, el emprendimiento esta asociado a la creación de una nueva empresa con una nueva línea de negocios. En algunas ocasiones las innovaciones tecnológicas no requieren cambios en el mercado. Cuando la ingeniería es el componente principal del producto, se debe enfatizar en el proceso de diseño y los ingenieros deben entender la relación entre la primicia y el tiempo de salida al mercado, márgenes de producto, la tasa de rendimiento mínima para justificar la inversión en la compañía y otras consideraciones de negocios que influyen en el diseño y las estrategias de implementación.

### 1.1.2. Estructura del Plan de Estudios CDIO

La figura 1.2 muestra los bloques constructores del plan de estudios CDIO, en el primer nivel podemos observar que todo individuo interesado en obtener habilidades técnicas posee *Habilidades Personales y Profesionales*, las cuales son fundamentales para la práctica. Con el fin de desarrollar sistemas de ingeniería complejos, los estudiantes deben dominar los fundamentos del *Razonamiento y Conocimiento Técnico*. Para trabajar en un entorno moderno basado en equipos los estudiantes deben desarrollar *Habilidades Interpersonales* de comunicación y trabajo en equipo. Finalmente con el fin de ser capaz de crear y operar productos y sistemas un estudiante debe entender el concepto de *Concebir, Diseñar, Implementar y Operar Sistemas en el Contexto Social y Empresarial*[4]



Figura 1.2: Bloques Constructores de conocimiento, habilidades y actitudes necesarias para Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas en el contexto social y empresarial  
fuente:[4]

#### Nivel 1: Razonamiento y Conocimiento Técnico

Los componentes del primer nivel *Razonamiento y Conocimiento Técnico* son comunes a los planes de estudio de las ingenierías modernas y son:

1. Fundamentos Avanzados de Ingeniería.
2. Fundamentos del núcleo de Ingeniería.
3. Conocimiento científico.

La razón de colocar este bloque constructor en el primer nivel es solo para recordar que el objetivo primordial de cualquier programa de pregrado es el desarrollo de un profundo conocimiento de fundamentos técnicos. En este trabajo no se cambiará este componente ya que para hacerlo es necesario un consenso con las demás carreras de la facultad de Ingeniería, labor que puede tomar varios años.

### **Habilidades Personales, Profesionales e Interpersonales**

Los niveles 2 y 3 se centran en las habilidades personales que debe poseer un individuo para que pueda cumplir con el objetivo de la Iniciativa CDIO. El nivel 2 está compuesto por:

1. Las habilidades profesionales que representan las tres formas de pensar más practicadas por los ingenieros: Resolución de problemas, Descubrimiento de conocimiento y Pensamiento sistémico.
2. Actitudes que incluyen integridad y comportamiento profesional así como las necesarias para planear la profesión.

Las habilidades que no hacen parte del contexto profesional ni del inter-personal son llamadas *Habilidades y Actitudes Personales*, incluyen el carácter, iniciativa, perseverancia, formas de pensar más genéricas como pensamiento crítico, creativo y habilidades propias como curiosidad, aprendizaje continuo y manejo del tiempo.

Las habilidades inter-personales, son un subconjunto de las habilidades personales y se dividen en dos grupos que se traslapan llamados: Equipo de Trabajo y Comunicaciones. El grupo de trabajo se refiere a las habilidades necesarias para formar, operar, fortalecer y liderar un equipo con habilidades específicas de un equipo de trabajo técnico. La comunicación se compone de habilidades para idear estrategias de comunicación y aquellas para utilizar los medios orales, escritos, electrónicos y gráficos y en el caso Colombiano el uso del idioma Inglés. La Figura 1.3 muestra la relación entre las habilidades de nivel 2 (Personales y Profesionales) y nivel 3 (Interpersonales).

### **Habilidades CDIO**

Habilidades necesarias para Concebir, Diseñar, Implementar y Operar Sistemas en el Contexto Social y empresarial. Estos cuatro componentes son necesarios para que los egresados de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica sean capaces de absorber los conocimientos que las nuevas tecnologías proporcionan, adaptarlos a la situación tecnológica y al contexto social del país para generar productos que resuelvan necesidades locales. Para satisfacer una necesidad de la sociedad es necesario conocer la dinámica empresarial, los principios que la rigen y como se debe actuar en una empresa de cualquier tipo y tamaño.

#### **1.1.3. Implementación del Plan de Estudios CDIO**

La Figura 1.4 muestra los componentes que deben ser especificados para implementar el plan de estudios CDIO al currículo de las asignaturas del área de electrónica digital. En primer lugar se encuentran

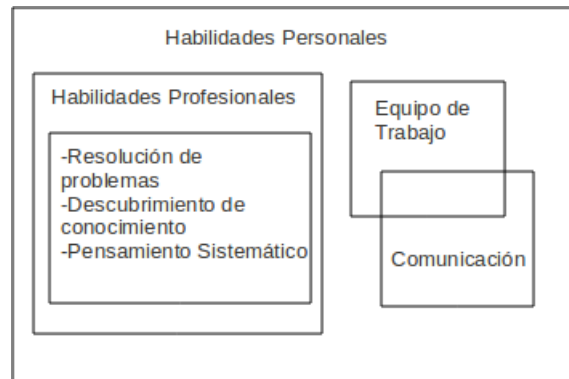


Figura 1.3: Relación entre las Habilidades Personales, Profesionales e Interpersonales  
fuente:[4]

los resultados esperados del proceso de aprendizaje, esto es, Qué deben saber y que deben ser capaces de hacer los estudiantes al final del curso? Para contestar a esta pregunta es necesario definir las **habilidades** que serán reforzadas o desarrolladas y los *objetivos* de cada asignatura.



Figura 1.4: Objetivos, Actividades, y Evaluación:

Para alcanzar los objetivos definidos en el primer paso, es necesario generar una serie de **actividades** que le permitan al estudiante: retener nuevos conocimientos y habilidades y desarrollar las competencias deseadas, el número de actividades debe ser tal que cubran todas las habilidades que se quieran desarrollar o reforzar.

Finalmente, se deben desarrollar métodos de evaluación que permitan conocer el nivel de competencia de los estudiantes, y de esta forma ajustar las actividades para obtener los resultados esperados.

## 1.2. Definición e Identificación de las Habilidades CDIO

El primer paso en la implementación del plan de estudios CDIO es definir e identificar las habilidades requeridas en una determinada área del plan de estudios, este estudio se centrará en las asignaturas del área de electrónica digital. En la Universidad Nacional de Colombia el área de Electrónica Digital esta compuesta por tres asignaturas para la carrera de Ingeniería Electrónica: Electrónica Digital 1, Electrónica Digital 2 y Sistemas Embebidos. Para la carrera de Ingeniería Eléctrica está compuesta por Electrónica Digital 1 (la misma en las dos carreras) únicamente.

### 1.2.1. Introducir, Enseñar y Usar

Para trasladar esta lista de habilidades a objetivos de aprendizaje es necesario determinar el grado de competencia que se espera que el profesional adquiera en cada una de las asignaturas. Por supuesto, algunas de estas habilidades no pueden obtenerse en una asignatura, es necesario que todo el plan académico contribuya a generar una determinada habilidad, lo que requiere un consenso del personal académico. En el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia se está realizando esta tarea y los resultados presentados en este estudio hacen parte de esta iniciativa.

Los niveles de competencia seleccionados para indicar el nivel en que debe ser apropiada una determinada habilidad son:

1. Introducir: Introduce pero no evalúa.
2. Enseñar: Enseña y evalúa.
3. Utilizar: Utiliza, puede ser evaluado o no.

### 1.2.2. Habilidades CDIO

A continuación se listan las habilidades CDIO que deben desarrollarse o reforzarse en el área de Electrónica Digital, algunas de las habilidades como la comunicación oral y escrita en Inglés es común a la mayoría de las asignaturas, mientras que otras como la Integración Software - Hardware es exclusiva,

#### 2 Aptitudes personales y profesionales

- 1 Razonamiento analítico y Resolución de problemas
  - 1) Identificación y Formulación del problema
  - 2) Modelamiento
  - 3) Solución y recomendación
- 2 Experimentación Investigación y Descubrimiento de Conocimiento
  - 1) Formulación de hipótesis
  - 2) Investigación experimental
- 3 Pensamiento Sistemático
  - 1) Pensamiento Global
  - 2) Surgimiento e interacciones
- 4 Pensamiento Crítico y Creativo y Habilidades y actitudes personales



- 1) Pensamiento creativo
- 2) Pensamiento crítico
- 3) Toma de conciencia de conocimientos propios y metacognición.
- 4) Aprendizaje permanente y Educar a otros.
- 5 Ética, Responsabilidad Profesional, Equidad y Otros Valores Personales.
  - 1) Ética, integridad y responsabilidad social
  - 2) Comportamiento profesional y responsabilidad
  - 3) Confianza y lealtad

### **3 Habilidades interpersonales, trabajo en equipo y comunicación**

- 1 Equipo de Trabajo
  - 1) Formar grupos efectivos
  - 2) Equipo de liderazgo
  - 3) Equipo Técnico y multi-disciplinario.
- 2 Comunicaciones estructuradas
  - 1) Estrategia de comunicación
  - 2) Estructura de la comunicación
  - 3) Comunicación Escrita
  - 4) Comunicación Electrónica
  - 5) Presentación Oral
- 3 Comunicación en Idioma Extranjero
  - 1) Inglés
- 4 Comunicaciones Informales: Relacionarse con los demás
  - 1) Preguntar, Escuchar y Dialogar
  - 2) Negociación, compromiso y resolución de conflictos.
  - 3) Establecimiento de conexiones

### **4 Concebir, Diseñar, Implementar y Operar Sistemas en el Contexto Social y Empresarial**

- 1 Contexto Externo, Social, Económico y Ambiental
  - 1) Rol y responsabilidad de los Ingenieros
  - 2) Impacto sobre la sociedad y el medio ambiente
  - 3) Cuestiones y valores actuales
  - 4) Sostenibilidad y necesidad de un desarrollo sostenible.
- 2 Empresa y contexto empresarial
  - 1) Interesados en la empresa, metas y objetivos
  - 2) Espíritu Empresarial Técnico
  - 3) Trabajo en organizaciones
  - 4) Finanzas y Economía de los Proyectos de Ingeniería
- 3 Concepción y Administración de Sistemas en Ingeniería.
  - 1) Entender las necesidades y establecer las metas
  - 2) Definir la función, concepto y arquitectura

#### 4 Diseño

- 1) Proceso de Diseño
- 2) Fases del proceso de Diseño y enfoques
- 3) Utilización de conocimiento científico en el diseño
- 4) Diseño específico
- 5) Diseño multi-disciplinario

#### 5 Implementación

- 1) Proceso de fabricación Hardware
- 2) Proceso de Implementación de Software
- 3) Integración Software - Hardware
- 4) Pruebas, verificación, validación y certificación

#### 6 Liderar Esfuerzos en ingeniería

- 1) Pensar creativamente e Imaginar posibilidades
- 2) Definir la solución
- 3) Crear nuevas formas de solución
- 4) Construir y liderar una organización y una organización extendida.
- 5) Planear y administrar un proyecto hasta su finalización.
- 6) Innovar - la concepción, diseño e introducción de nuevos bienes y servicios.
- 7) Innovar - el desarrollo de nuevos dispositivos, materiales o procesos que permitan nuevos bienes y servicios.

#### 7 Emprendimiento en ingeniería

- 1) Creación, Formulación y organización de una empresa.
- 2) Desarrollo del plan de negocios.
- 3) Finanzas y capitalización.
- 4) Mercadeo de productos innovadores
- 5) Concepción de productos y servicios alrededor de nuevas tecnologías.
- 6) Sistema de innovación, redes, infraestructura y servicios.
- 7) Construyendo el equipo e iniciando el proceso de ingeniería.
- 8) Manejo de la propiedad intelectual.

### 1.2.3. Competencias de las Habilidades CDIO 2 y 3

La tabla 1.1 muestra las competencias IEU para las *Aptitudes Personales y Profesionales* de las tres asignaturas del área de Electrónica Digital.

Competencias de las Habilidades CDIO Nivel 2 y 3			
APTITUDES PERSONALES Y PROFESIONALES	Nivel 1		
	E. Digital1	E. Digital1	Sist. Emb.
<b><i>Planteamiento y Resolución de problemas de Ingeniería</i></b>	EU		
1 Identificación y Formulación del problema	EU		
2 Modelamiento	EU		
3 Solución y recomendación	EU		
<b><i>Experimentación y Descubrimiento de Conocimiento</i></b>	U		
4 Formulación de hipótesis	U		
5 Investigación experimental	U		
<b><i>Pensamiento Sistemático</i></b>	EU		
6 Pensamiento Global	U		
7 Surgimiento e interacciones	U		
<b><i>Habilidades y actitudes personales</i></b>	U		
8 Pensamiento creativo	IEU		
9 Pensamiento crítico	IEU		
10 Toma de conciencia de conocimientos propios	IEU		
11 Curiosidad y aprendizaje permanente <b><i>Habilidades y actitudes profesionales</i></b>	U		
12 Ética profesional, integridad, responsabilidad	U		
13 Comportamiento profesional	U		
39 Confianza y Lealtad	IEU		
HABILIDADES INTERPERSONALES	Nivel 1		
	E. Digital1	E. Digital1	Sist. Emb.
<b><i>Equipo de Trabajo</i></b>	EU		
14 Formar grupos efectivos	EU	U	U
15 Equipo de Liderazgo	EU	U	U
40 Equipo Técnico y Multi-disciplinario	EU	U	U
<b><i>Comunicaciones estructuradas</i></b>	EU		
16 Estrategia de comunicación	EU	U	U
17 Estructura de la comunicación	EU	U	U
18 Comunicación Escrita	EU	U	U
19 Comunicación Electrónica	EU	U	U
20 Presentación Oral	EU	U	U
<b><i>Comunicación en Idioma Extranjero</i></b>	U		
21 Inglés	U		
<b><i>Comunicaciones Informales: Relacionarse con los demás</i></b>	U		
41 Preguntar, Escuchar y Dialogar	EU	U	U
42 Negociación, compromiso y resolución de conflictos	EU	U	U
43 Establecimiento de conexiones	IEU	U	U

Cuadro 1.1: Competencias para los niveles 2 y 3 CDIO

### 1.2.4. Competencias de las Habilidades C.D.I.O. Sistemas en el contexto Empresarial, Social y Ambiental - Innovación

La tabla 1.2 muestra las competencias IEU para las *C.D.I.O. Sistemas en el contexto Empresarial, Social y Ambiental - Innovación* de las tres asignaturas del área de Electrónica Digital.

HABILIDADES CDIO	Nivel 1		
	E. Digital1	E. Digital1	Sist. Emb.
<b>Contexto Externo, Social, Económico y Ambiental</b>	IEU		
22 Rol y responsabilidad de los Ingenieros	IEU		
23 Impacto sobre la sociedad y el medio ambiente	IEU		
24 Cuestiones y valores actuales	IEU		
44 Sostenibilidad y necesidad de un desarrollo sostenible	IE	IE	IE
<b>Empresa y contexto empresarial</b>	EU		
25 Interesados en la empresa, metas y objetivos	I		
26 Espíritu Empresarial Técnico	I		
27 Trabajo exitoso en organizaciones	I		
45 Finanzas y Economía de los Proyectos de Ingeniería	IE	IE	IE
<b>Concepción y Administración de Sistemas en Ingeniería.</b>	IEU		
28 Entender las necesidades y establecer las metas	IEU	EU	U
29 Definir la función, concepto y arquitectura	IEU	EU	U
<b>Diseño</b>	IEU		
30 Proceso de Diseño	IEU	EU	U
31 Fases del proceso de Diseño y enfoques	IEU	EU	U
32 Utilización de conocimiento científico en el diseño	IEU	EU	U
33 Diseño específico	IEU	EU	U
34 Diseño multi-disciplinario	I	E	U
<b>Implementación</b>	EU		
35 Proceso de fabricación Hardware	IE	EU	U
36 Proceso de Implementación de Software	I	EU	U
37 Integración Software - Hardware	I	EU	U
38 Pruebas, verificación, validación y certificación	IE	EU	U

Cuadro 1.2: Competencias para CDIO

## 1.3. Integración de las Habilidades CDIO al Plan de Estudios

### 1.3.1. Objetivo General

Generar en el estudiante las habilidades necesarias para Concebir, Diseñar, Implementar y Operar Sistemas Digitales complejos que satisfagan necesidades de la sociedad y proporcionar un canal para la transferencia de Tecnología y conocimiento a la Industria Colombiana. La Figura 1.5 muestra la metodología de diseño para las diferentes asignaturas del área.

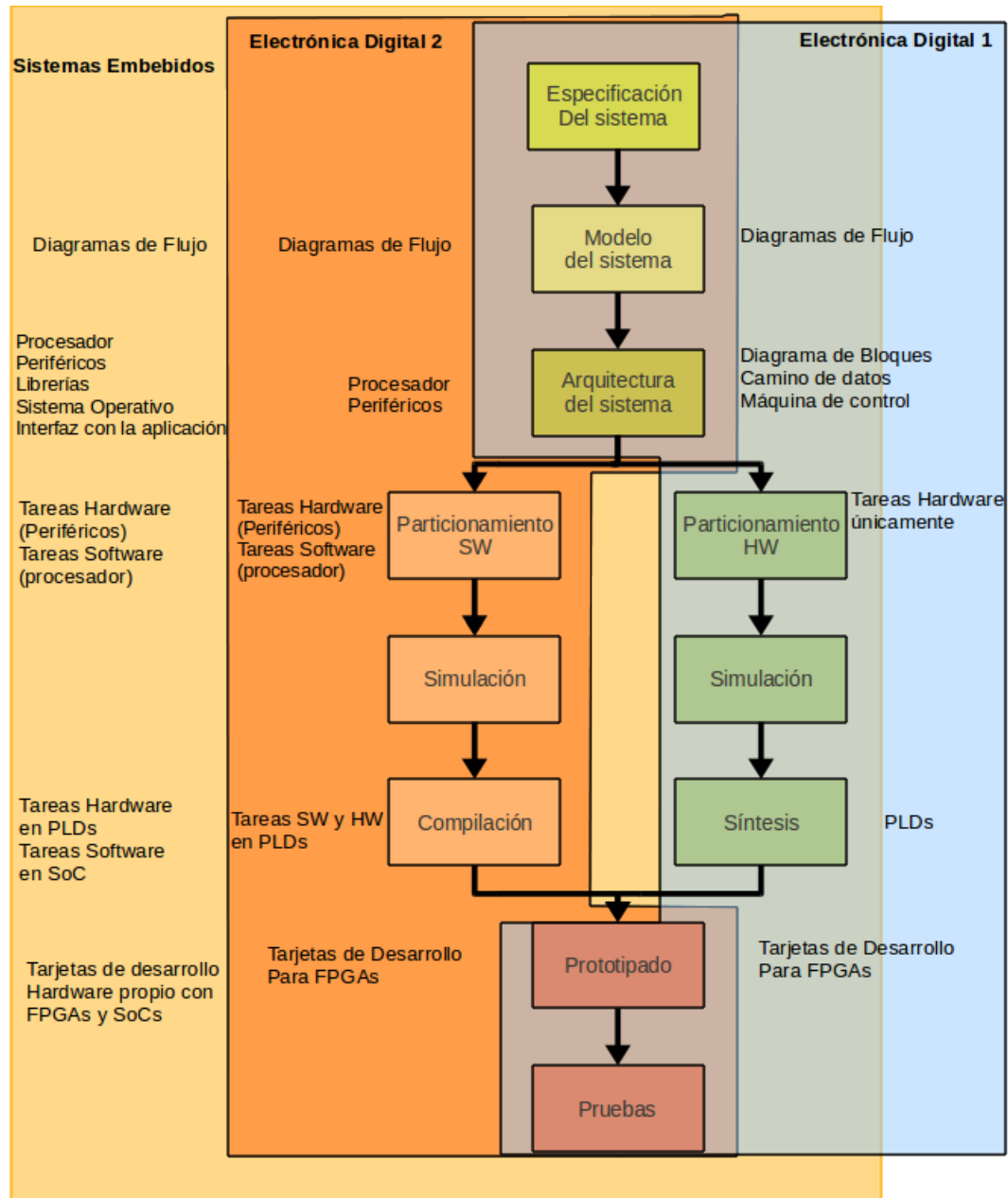


Figura 1.5: Metodología de Diseño para el área de Sistemas Digitales

### Electrónica Digital 1

Concebir y definir las especificaciones y requerimientos de un Sistema Digital, modelar su funcionamiento, y realizar la implementación siguiendo la metodología de diseño de Sistemas Embebidos utilizando únicamente tareas Hardware.

## **Electrónica Digital 2**

Concebir, definir las especificaciones, modelar, diseñar un Sistema Digital siguiendo la metodología de diseño de Sistemas Embebidos y realizar su implementación óptima utilizando tareas Hardware (que se ejecutan en un PLD) y tareas Software (que se ejecutan en un procesador).

## **Sistemas Embebidos**

Concebir, diseñar, e Implementar un sistema digital complejo utilizando la metodología de diseño de sistemas Embebidos y un Sistema Operativo para su Implementación.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

### **1.3.3. Ojbetivos comunes**

- Identificar las especificaciones funcionales del sistema, su arquitectura de alto nivel y definir su descomposición en elementos
- Explicar las actividades en las etapas del proceso de diseño,
- Desarrollar el pensamiento sistémico.
- Modelar funcionalmente Sistemas Digitales.
- Diseñar pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas implementados.
- Leer y entender material técnico escrito en inglés.
- Implementar un Sistemas Embebido (Hardware o Hardware/Software) para cumplir una tarea determinada que cumpla con una necesidad real (Obtener e interpretar las necesidades del consumidor) utilizando técnicas, herramientas y procesos adecuados.
- Estudiar y aplicar el concepto de la re-utilización de código.
- Desarrollar trabajo en equipo incluyendo presentaciones, describiendo los diversos roles y responsabilidades.
- Documentar los diseños realizados para crear una base de datos que contribuya a la difusión del conocimiento adquirido.

## **Electrónica Digital 1**

- Estudiar las fases de la metodología de diseño para Sistemas Embebidos.
- Estudiar los dominios de diseño Estructural, Funcional y Físico.
- Estudiar los Lenguajes de Descripción de Hardware.
- Estudiar los componentes básicos de la lógica combinatoria y secuencial.

## **Electrónica Digital 2**

- Estudiar los requisitos para un particionamiento Hardware / Software óptimo.
- Estudiar la arquitectura de un procesador, micro-arquitectura, set de instrucciones, interrupciones, direccionamiento.
- Estudiar el proceso de implementación de tareas software.
- Estudiar la integración Software-Hardware.
- Diseñar pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas implementados.

## **Sistemas Embebidos**

- Realizar aplicaciones que requieran diseño multi-disciplinario.
- Estudiar y realizar el proceso de Fabricación Hardware.
- Estudiar el principio básico de los sistemas operativos.
- Describir la integración de software en hardware electrónico
- Entender diagramas de circuitos electrónicos de sistemas digitales, identificar sus componentes y su función.
- Estudiar diseños software y hardware existentes para entender su funcionamiento, arquitectura y adquirir experiencia en el diseño.
- Hacer parte de listas de discusión de temas técnicos que usen el inglés como lenguaje.

### **1.3.4. Contenido**

#### **Electrónica Digital 1**

- **Flujo de Diseño de Sistemas Embebidos**
  - Sistemas Digitales: Panorama Y Perspectiva
  - Metodología de Diseño
  - Representaciones de Diseño y Niveles de Abstracción
- **Sistemas Numéricos y Operaciones Aritméticas**
  - Representación de Datos
  - Sistemas numéricos: Binario, Octal Hexadecimal
  - Representación de números negativos
  - Algoritmos para la implementación de operaciones aritméticas
    - Camino de Datos
    - Control
- **Lógica Combinatoria**

- Definición.
- Ecuaciones Booleanas, Formas canónicas.
- Módulos Básicos: Multiplexores, codificadores, sumadores, restadores comparadores.

#### ■ **Lógica Secuencial**

- Definición
- Elementos de memoria:
  - Latch
  - Flip-Flop
- Bloques básicos
  - Registros
  - Acumuladores
  - Contadores
- Máquina de Estados Finitos (FSM)
  - Arquitectura
  - Tipos: Mealy, Moore
  - Diagramas de Estado
  - Síntesis de Máquinas de Estado
- Máquinas de Estado Algorítmicas (ASM)
  - Tareas Hardware
  - Componentes: Camino de Datos y Máquina de Control
  - Implementación de operaciones aritméticas utilizando ASM
  - Identificación, funcionamiento e interfaz de bloques constructores.
  - Interacción entre el Camino de Datos y la Máquina de Control
  - Lenguajes de Descripción de Hardware

#### ■ **Tecnologías de Implementación**

- Familia Lógica CMOS
  - Principio de funcionamiento, consumo de potencia
  - Niveles Lógicos y márgenes de ruido
  - Retardos, Manejo de Corriente
  - Compuertas tri-estado y Open-Drain
- Dispositivos Lógicos Programables
  - Arreglos Lógicos Programables (PALs)
  - Dispositivos Lógicos Programables (PLDs, CPLDs)
  - Arreglo de Compuertas Programable en Campo (FPGA)
  - Flujo de Diseño - Programación en Sistema

#### ■ **Introducción a los procesadores**

- Máquina de Estados Algorítmica Programable



## Electrónica Digital 2

### ■ Codiseño Hardware-Software

- Flujo de Diseño y Particionamiento HW/SW.
- Comunicación SW -¿HW (Direccionamiento)
- Comunicación HW -¿SW (Interrupciones)
- Componentes de un Sistema heterogéneo.
  - Procesador
  - Buses
  - Periféricos
  - Memorias

### ■ Arquitectura de Procesadores

- Micro-Arquitectura
- Set de Instrucciones
- Modos de direccionamiento
- Interrupciones
- Pipeline

### ■ Implementación de Tareas Hardware

- Arquitectura de computadores
  - CPU
  - Memorias
  - Periféricos
  - Mapa de Memoria
  - Controlador de Interrupciones Programable
- Definición de la Interfaz HS ¿-¿SW
- Implementación de Tareas Hardware en Periféricos.

### ■ Flujo de Diseño Software

- Cadena de Herramientas:
  - Compilador
  - Librerías standard
  - Depurador
  - Utilidades binarias
  - Código de Inicio C RunTime crt0
  - Herramienta *make*
- Integración del Software sobre hardware Electrónico.
  - Ejecución en Memoria Interna
  - Ejecución en Memoria Externa: Bootloaders
- Implementación de tareas software y comunicación con tareas Hardware.

### ■ Sistemas Sobre Silicio

- Arquitectura

## Sistemas Embebidos

### ■ Sistemas Embebidos

- Definición, aplicaciones
- Metodología de Diseño
- Arquitectura
  - Sistema Sobre Silicio
  - Circuitos de Referencia

### ■ Inicialización

- Métodos de arranque
- Bootloaders

### ■ Sistema Operativo Linux

- Arquitectura
- Sincronización entre procesos
- Estructura del Kernel y Organización del código fuente
- Drivers de Dispositivos y módulos del kernel
- Imágen del kernel
- Inicialización del Kernel

### ■ Sistema de Archivos del root

- Tipos de Sistema de Archivos
- Estructura del Sistema de Archivos del root
- Archivos de configuración y niveles de ejecución.
- Montaje del sistema de archivos del root

### ■ Interfaz con dispositivos externos al SoC

- Control utilizando señales de Entrada/Salida de propósito general (GPIOs)
- Utilizando puertos de comunicaciones UART, I2C, SPI, USB.
- Utilizando el controlador de memorias externas del SoC

### ■ Interfaz con Periféricos Dedicados Implementados en PLDs

- Configuración del PLD utilizando GPIOs del SoC
- Definición de la Interfaz HW y SW
- Comunicación con periféricos dedicados

### 1.3.5. Metodología

Todas las actividades que se realizarán en estos cursos están encaminadas a generar habilidades necesarias para Concebir, Diseñar, e Implementar Sistemas Digitales Complejos, y están articuladas alrededor de una única metodología de diseño (la aceptada internacionalmente para el diseño de sistemas embebidos). Los tres cursos se diferencian en el medio donde se realiza la implementación de las tareas y el tipo de las mismas, en el primer curso todas las tareas son Hardware y se implementarán en un PLD, en el segundo las tareas son de tipo hardware y software y serán implementadas en un PLD. El tercer curso también implementa tareas hardware y software pero utiliza componentes utilizados en dispositivos comerciales, esto es, SoCs para implementar las tareas Software y PLDs para las tareas hardware. El conocimiento adquirido en cada asignatura será la base del siguiente curso.

Los tres cursos tienen un carácter teórico-práctico, el componente teórico tratará los diferentes temas de forma general, con el fin de no crear dependencia con las herramientas utilizadas (lo que permitirá realizar actualizaciones de forma fácil). En el componente práctico se tratarán temas específicos de manejo de las herramientas (Lenguajes de Descripción de Hardware, lenguajes de programación, manejo de plataformas de desarrollo) y como estas se relacionan con la metodología de diseño utilizada.

El estudiante debe estudiar, profundizar y comprobar algunos temas tratados en clase y debe leer previamente la documentación que se encuentra disponible en el sitio web de los cursos. Adicionalmente, debe formar grupos de trabajo para realizar actividades a lo largo del semestre.

Durante el semestre se trabajará para definir las especificaciones, diseñar e implementar un dispositivo que resuelva una determinada necesidad (con la complejidad adecuada para cada curso), en la sesión teórica se tratarán aspectos relacionados con la concepción, diseño, Identificación y definición de las funciones de los componentes del sistema, mientras que en los relacionados con la implementación de dichos componentes sobre PLDs o SoC. Se deben realizar presentaciones del avance, indicando las razones que se tuvieron en cuenta en cada decisión y como se resolvieron los problemas encontrados, todo este proceso debe documentarse en el sitio web del curso.

El laboratorio está relacionado con la práctica y proporciona el conocimiento y habilidades para manejar y entender las herramientas Hardware y Software utilizadas en la implementación. Las actividades programadas, deben ser entregadas con un informe donde se evidencie el uso de la metodología de diseño utilizada, adicionalmente el estudiante debe defender y explicar su diseño.

Se utilizarán los siguientes métodos de calificación:

- Pruebas escritas donde se verificará la asimilación de conocimiento.
- Sustentación oral de procesos de diseño e Implementación.
- Evaluación del avance del proceso de Concepción, Diseño e Implementación del Proyecto Final.

### 1.3.6. Actividades

#### Lectura de material del curso 10, 11

Con la lectura previa de los temas, el estudiante adquiere la capacidad de absorber conocimiento (11), identificar sus preferencias, deficiencias y buscar ayuda para suplirlas (10), lo cual ayuda al mejoramiento de las habilidades para el auto-aprendizaje, uno de los problemas detectados en los estudiantes es la necesidad de una autoridad que le proporcione la información que necesita para resolver un problema o tomar una decisión.

**Lectura de material Técnico en Inglés 10, 11, 6, 30, 33, 21**

La mayor parte de la documentación de los componentes electrónicos esta escrita en inglés técnico, es necesario que el estudiante aprenda a entender este tipo de escritura y se familiarice con su estructura. Esto le permite identificar el funcionamiento de un componente del sistema (6,30), determinar que componente se adapta mejor a sus necesidades (33) y mejorar sus habilidades para comunicarse en inglés 21.

**Utilización de Metodologías de Diseño 1, 2, 3, 6, 7, 9, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38**

La metodología de diseño(30,31,) de sistemas embebidos requiere identificar un problema(1, 28), plantear una solución(3,29,32) lógica (9) de alto nivel (9), modelarla (2) a nivel de sistema(6), verificar el cumplimiento de los requerimientos(33,38). Proporciona métodos para determinar su arquitectura óptima (particionamiento HW/SW) y definir la función e interacción(37,7) de sus componentes software (36) y hardware (35).

**Implementación de Sistemas Digitales Sencillos 3, 14, 29, 30, 35, 36, 17, 18, 19**

La realización de prácticas de laboratorio en las que grupos de trabajo (14) implementan diseños de baja o media complejidad le permite al estudiante: Formular recomendaciones (3) para que no se repitan errores en experiencias futuras. Utilizar sistemas de desarrollo (30) para la implementación de tareas HW y SW a bajo nivel (36). Con el fin de mejorar la capacidad de comunicación escrita (18, 19) se deben presentar informes que refuercen las habilidades generadas en la utilización de la metodología de diseño, por lo que se deben tener la siguiente estructura(17):

- Un diagrama de caja negra que indique las entradas y salidas del sistema.
- Una descripción de alto nivel del algoritmo que implementa la solución (29).
- Un diagrama de bloques que indique el particionamiento y la interconexión entre sus componentes (30).
- Descripciones de alto nivel de cada uno de los componentes (31).
- La implementación y simulación de cada componente y del sistema completo (35), donde se muestre que el sistema cumple con las especificaciones funcionales(38)

**Proyecto Final 1,2,3, 14, 15, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 22, 23, 24, 25, 27**

Durante el semestre se trabajará para definir las especificaciones(1,2,3), diseñar(30,31,32,33,34) e implementar un dispositivo que resuelva una hipotética necesidad de la sociedad (22) (con la complejidad adecuada para cada curso), en la sesión teórica se tratarán aspectos relacionados con la concepción, diseño, Identificación y definición de las funciones de los componentes del sistema, mientras que en el componente práctico, los relacionados con la implementación de dichos componentes sobre PLDs o SoC.

A los estudiantes se les hace una descripción funcional de alto nivel del sistema, ellos deben organizarse en grupos de trabajo (14,15), definir la función de cada uno de estos grupos (27,14,31), establecer estrategias de comunicación (16,31), realizar y/o cumplir un cronograma de actividades (25,31) que permitan resolver la necesidad en el tiempo especificado (22). Una de las estrategias de comunicación es la realización de presentaciones orales (20), en las que cada equipo de trabajo expondrá el estado de su

sub-proyecto, indicando las razones que se tuvieron en cuenta en cada decisión y como se resolvieron los problemas encontrados (24). Adicionalmente todo este proceso debe documentarse en el sitio web del curso (wiki) con el objetivo de crear una base de proyectos que permitan a futuros estudiantes utilizar la experiencia obtenida (23) y en un determinado caso dar continuidad al proyecto.

El estudiante debe diseñar y construir placas de circuito impreso con los circuitos necesarios para su aplicación (35) siguiendo las normas de diseño establecidas por el fabricante (resolución, número de capas, costo) y las restricciones del circuito (Capacidad de corriente, niveles de ruido, compatibilidad electromagnética, etc).

Vale la pena aclarar que durante el primer curso los estudiantes no poseen la experiencia necesaria para realizar (sin asistencia) labores como la división de tareas, generación de un cronograma de actividades y fijar la estrategia de comunicación, razón por la cual el docente debe acompañar este proceso.

### **Participación en listas de discusión 21**

Con el objeto de aumentar las capacidades en la comunicación en idioma extranjero, se alentará a los estudiantes a que hagan parte de listas de discusión en diferentes temas técnicos, algunos problemas que encontrarán en la realización de las diferentes prácticas deben ser consultados en estas listas para encontrar una forma de solución

### **1.3.7. Plataforma de Desarrollo SAKC**

La plataforma SAKC fué diseñada para ser utilizada como herramienta de implementación para los tres cursos de esta área. Está compuesta (ver Figura 1.6) por una FPGA y un Procesador, lo que permite la implementación de tareas Hardware y Software utilizando únicamente la FPGA o el procesador y la FPGA.

Durante el primer curso, el procesador de la plataforma se utilizará para configurar a la FPGA con las tareas hardware sintetizadas por los estudiantes. esta plataforma carece (intencionalmente) de elementos comunmente utilizados en las plataformas de desarrollo para PLDs como Pulsadores, Leds, Displays o conectores espaciales, lo que obliga a los estudiantes a investigar la forma de conexión de estos y a construir circuitos que permitan la conexión de la plataforma con estos elementos de interfaz con el usuario o con otros sistemas.

La capacidad de la FPGA de SAKC permite la implementación de procesadores soft-core (como plasma y microblaze), posibilitando la implementación de tareas Hardware y software en ella. El procesador será utilizado al finalizar el curso para comparar el desempeño (velocidad, consumo de potencia, costo) entre un procesador soft-core y un procesador comercial.

El ultimo curso utilizará el procesador para la ejecución de tareas software y la FPGA para ejecutar las tareas Software, se hará uso de herramientas utilizadas actualmente en el diseño de Aplicaciones comerciales de multinacionales como Nokia (QT), Motorola (Linux).

### **Hardware y Software Copy-Left**

El conocimiento debe ser considerado un bien común y se debe garantizar el acceso a todo el mundo. Por esta razón SAKC proporciona la documentación necesaria para:

- Estudiar, entender, y reproducir o modificar su Arquitectura.

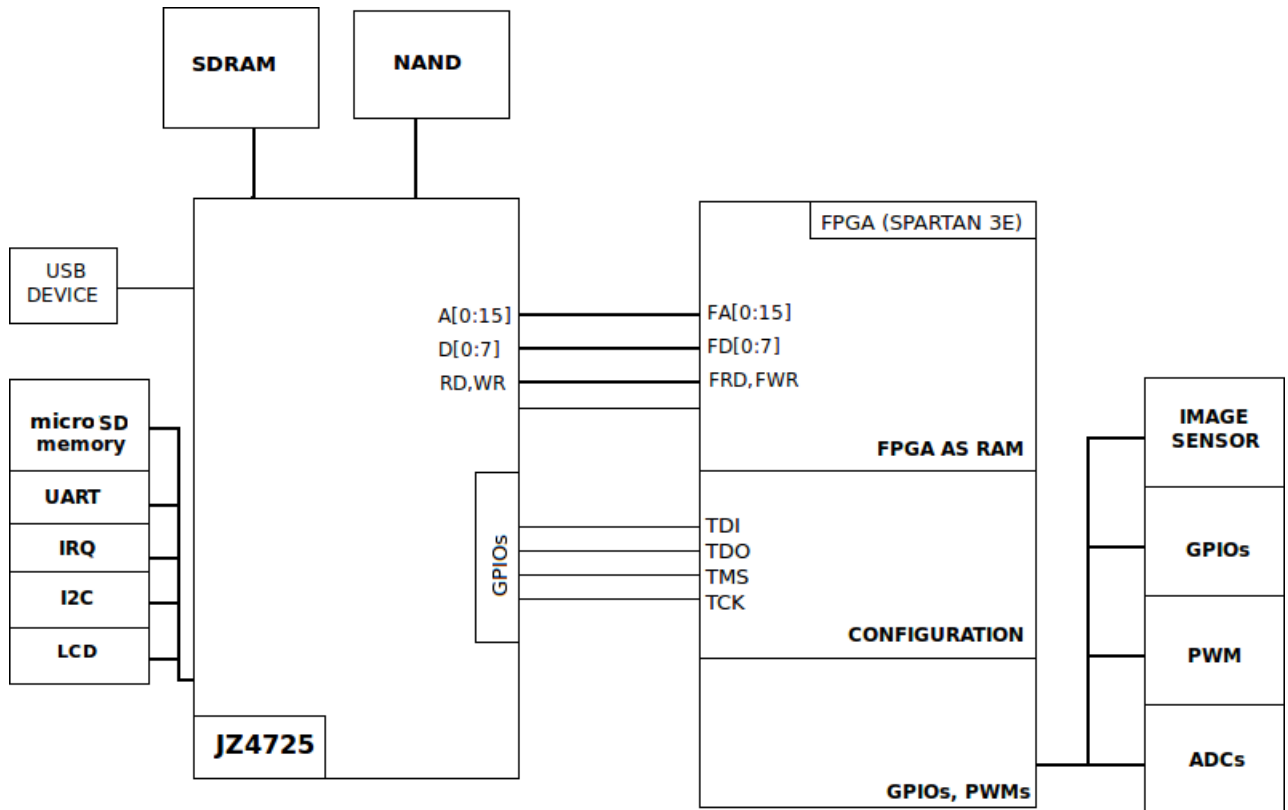


Figura 1.6: Diagrama de Bloques de la Plataforma de Desarrollo SAKC

- Conocer su proceso de fabricación.
- Entender su funcionamiento global y la interacción de sus componentes.
- Estudiar tutoriales que explican su programación.
- Descargar, estudiar y modificar el código fuente de todas las aplicaciones existentes actualmente.
- Realizar consultas con los creadores de las aplicaciones y de la plataforma de desarrollo.
- Contribuir a mejorar la calidad de la documentación y crear nueva información.

SAKC está distribuido bajo la licencia Creative Commons (CC) BY - SA, la que permite la distribución y modificación del diseño (incluso para aplicaciones comerciales), con el único requisito de que los productos derivados deben tener la misma licencia.

## 1.4. Desarrollo de Métodos de Evaluación

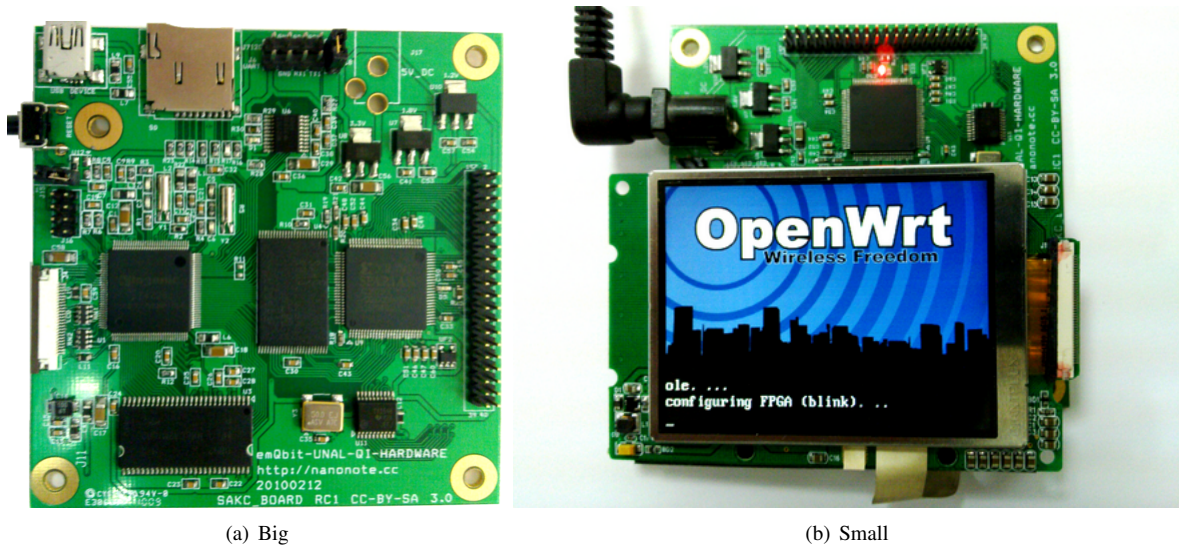


Figura 1.7: Plataforma de Desarrollo SAKC





# Bibliografía

- [1] Worldwide CDIO Initiative. "Benefits of CDIO" URL: <http://www.cdio.org/benefits-cdio> on November, 2009.
- [2] E. Crawley, J. Malmqvist, D. Brodeur, and B. Lucas. CDIO Syllabus, Leadership and Entrepreneurship. *5th International CDIO conference*, 2009.
- [3] Ancona D. Leadership in the Age of Uncertainty. <http://mitleadership.mit.edu/pdf/LeadershipintheAgeofUncertainty-researchbrief.pdf>.
- [4] Edward F. Crawley. The CDIO Syllabus A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education. URL: <http://www.cdio.org>, 2001.