



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

# **Sistema de Inyección de Soft-errors (SEU, SEFI) en un microcontrolador SAMV71**

Autor:

Gonzalo Nahuel Vaca

Director:

Roberto Cibils (INVAP)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 24 de junio de 2021 y el 15 de julio de 2021.*

## Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .	6
3. Propósito del proyecto . . . . .	6
4. Alcance del proyecto . . . . .	6
5. Supuestos del proyecto. . . . .	7
6. Requerimientos . . . . .	7
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	8
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	8
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	9
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	9
11. Diagrama de Gantt . . . . .	10
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	13
13. Gestión de riesgos . . . . .	13
14. Gestión de la calidad . . . . .	14
15. Procesos de cierre . . . . .	15

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	24 de junio de 2021
1	Se completa hasta el punto 6 inclusive	04/07/2021

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 24 de junio de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Esp. Ing. Gonzalo Nahuel Vaca que su Trabajo Final de la Maestría en Internet de las cosas se titulará “Sistema de Inyección de Soft-errors (SEU, SEFI) en un microcontrolador SAMV71”, consistirá esencialmente en la implementación de un firmware de autocomprobación para el microcontrolador SAMV71 y un sistema de inyección de soft-errors, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$2040000, con fecha de inicio 24 de junio de 2021 y fecha de presentación pública 15 de mayo de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Roberto Cibils  
INVAP

Roberto Cibils  
Director del Trabajo Final

## 1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

Las misiones espaciales someten su electrónica a un ambiente agresivo. En particular, las grandes variaciones de temperatura y radiación cósmica. Por esta razón, se necesitan componentes especiales que fueron sometidos a un largo y costoso proceso de diseño y calificación. Luego, la tecnología utilizada tiene un elevado costo y retraso tecnológico por sobre los productos del mercado masivo.

Actualmente existe una iniciativa comercial para el empleo de componentes sin calificación de uso espacial. Esta iniciativa es conocida como *New Space* y es el marco del proyecto a realizar.

El INVAP necesita evaluar si el microcontrolador SAMV71 puede ser usado en la misión espacial Sabiamar. El objetivo del proyecto es crear los instrumentos necesarios para realizar la evaluación. Las herramientas a desarrollar son:

- Un inyector de *soft-errors*.
- Un firmware de autocomprobación.

Un *soft-error* es una falla no destructiva que genera un cambio en el estado del microcontrolador. Por lo tanto, el dispositivo conserva su confiabilidad. Finalmente, el proyecto debe introducir estos errores en el equipo.

Para realizar la inyección de *soft-errors* se propone construir un sistema como se muestra en la figura 1. Se observa que el usuario podrá describir el ensayo a realizar. Luego, se utilizará un servidor *OpenOCD* para crear las instrucciones del *debugger*. Finalmente, se inyectarán los errores por protocolo *JTAG*.

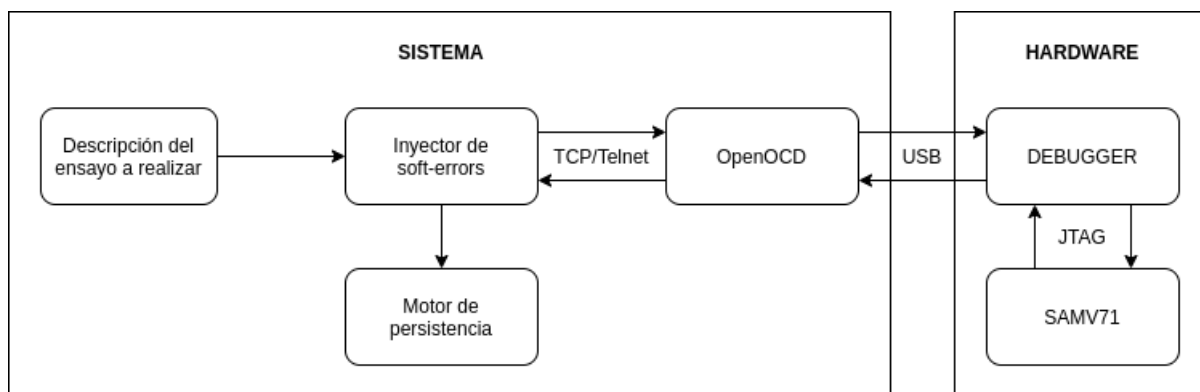


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema de inyección de soft-errors

La herramienta final del proyecto es el firmware de autocomprobación. En la figura 2 se puede observar el diagrama en bloques propuesto. Como se puede ver, este recurso deberá: verificar el estado de los periféricos, construir un informe y enviar los reportes para su análisis.

Se espera que el proyecto agregue valor al INVAP de las siguientes maneras:

- Simulando de forma acelerada los 5 años de la misión Sabiamar
- Permitiendo presupuestar nuevo hardware para las misiones futuras

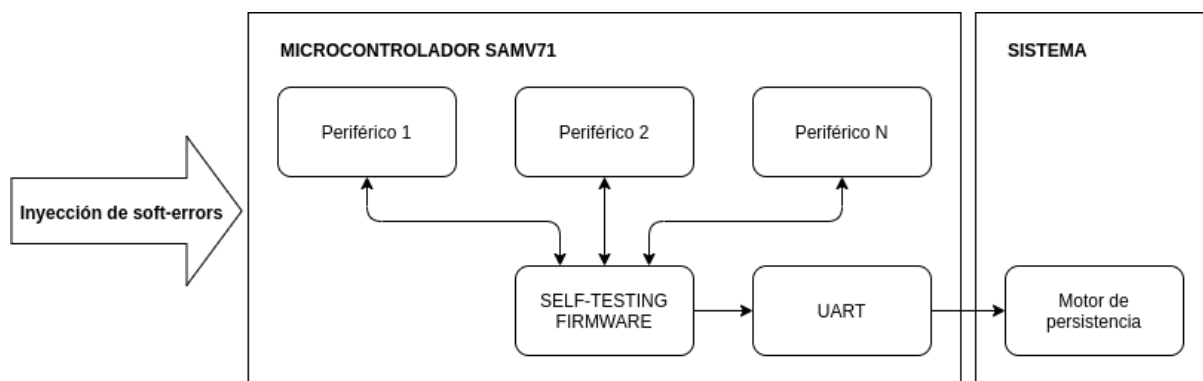


Figura 2. Diagrama en bloques del firmware de autocomprobación

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Roberto Cibils	INVAP	Ingeniero
Responsable	Gonzalo Nahuel Vaca	FIUBA	Alumno
Usuario final	-	INVAP	-

- Cliente: cumple múltiples roles en el proyecto, valorar el tiempo que invierte.

## 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es proporcionar herramientas para:

- Simular los efectos del ambiente espacial en un microcontrolador.
- Evaluar si un dispositivo del mercado masivo puede ser utilizado en futuras misiones.

## 4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye en su alcance la creación de:

- Un sistema de inyección de *soft-errors*
- Un firmware de autocomprobación de periféricos para el microcontrolador SAMV71

El presente proyecto no incluye:

- El diseño de ensayos de *soft-errors*

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se tendrá acceso irrestricto al microcontrolador SAMV71 antes del día 01/11/2021

## 6. Requerimientos

A continuación se enumeran los requerimientos del proyecto según lo especificado en el estándar IEEE Std. 830-1998:

### 1. Interfaces externas:

- 1.1. Se comunicará de forma bidireccional con *OpenOCD* a través de *TCP* o *Telnet*
- 1.2. Se deberá recibir y capturar la información proveniente por puerto *Serial* del microcontrolador SAMV71

### 2. Funciones:

#### 2.1. Inyección de *soft-errors*:

- 1) Sobrescribirá los valores en memoria RAM
- 2) Invertirá el valor de un bit en la memoria RAM
- 3) Sobrescribirá valores en los registros internos
- 4) Invertirá el valor de un bit dentro de un registro interno
- 5) Reportará el estado del microcontrolador antes de realizar una inyección de *soft-errors*
- 6) Interpretará una descripción de ensayo escrita en *Python 3* y ejecutará las inyecciones según le indique
- 7) Aceptará descripciones de ensayo que impongan una tasa de error para cada registro interno
- 8) Procesará descripciones de ensayo que impongan una tasa de error para una posición o rango de memoria RAM
- 9) Las descripciones de ensayo podrán especificar probabilidades de error con una resolución de 1 bit

#### 2.2. Firmware de autocomprobación:

- 1) Detectará el funcionamiento anormal de los periféricos del microcontrolador SAMV71
- 2) Reportará periódicamente el estado de los periféricos utilizando el protocolo *Serial*
- 3) Los reportes tendrán un formato *CSV* y un tamaño menor a 5 kB

#### 2.3. Almacenamiento de reportes:

- 1) Se incluirá un *timestamp* de recepción del reporte
- 2) Se generarán histogramas para su análisis estadístico

### 3. Rendimiento:

- 3.1. El inyector de *soft-errors* deberá realizar la inserción solicitada en un tiempo menor a 10 ms
4. Restricciones de diseño:
  - 4.1. Se utilizará el microcontrolador SAMV71 como dispositivo principal
5. Atributos del sistema:
  - 5.1. Mantenibilidad:
    - 1) El software deberá permitir su modificación para trabajar con otras arquitecturas.

Los requerimientos mencionados se detallan en el documento SISE-RS.

## 7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Descripción: En esta sección se deben incluir las historias de usuarios y su ponderación (*history points*). Recordar que las historias de usuarios son descripciones cortas y simples de una característica contada desde la perspectiva de la persona que desea la nueva capacidad, generalmente un usuario o cliente del sistema. La ponderación es un número entero que representa el tamaño de la historia comparada con otras historias de similar tipo.

El formato propuesto es: como [rol] quiero [tal cosa] para [tal otra cosa].”

Se debe indicar explícitamente el criterio para calcular los *story points* de cada historia

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de uso
- Diagrama de circuitos esquemáticos
- Código fuente del firmware
- Diagrama de instalación
- Informe final
- etc...



## 9. Desglose del trabajo en tareas

El WBS debe tener relación directa o indirecta con los requerimientos. Son todas las actividades que se harán en el proyecto para dar cumplimiento a los requerimientos. Se recomienda mostrar el WBS mediante una lista indexada:

### 1. Grupo de tareas 1

- 1.1. Tarea 1 (tantas hs)
- 1.2. Tarea 2 (tantas hs)
- 1.3. Tarea 3 (tantas hs)

### 2. Grupo de tareas 2

- 2.1. Tarea 1 (tantas hs)
- 2.2. Tarea 2 (tantas hs)
- 2.3. Tarea 3 (tantas hs)

### 3. Grupo de tareas 3

- 3.1. Tarea 1 (tantas hs)
- 3.2. Tarea 2 (tantas hs)
- 3.3. Tarea 3 (tantas hs)
- 3.4. Tarea 4 (tantas hs)
- 3.5. Tarea 5 (tantas hs)

Cantidad total de horas: (tantas hs)

Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 hs.

## 10. Diagrama de Activity On Node

Armar el AoN a partir del WBS definido en la etapa anterior.

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semicríticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color, como se muestra en el siguiente ejemplo:



Figura 3. Diagrama en *Activity on Node*

## 11. Diagrama de Gantt

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de gantt, entre los cuales destacamos:

- Planner
- GanttProject
- Trello + *plugins*. En el siguiente link hay un tutorial oficial:  
<https://blog.trello.com/es/diagrama-de-gantt-de-un-proyecto>
- Creately, herramienta online colaborativa.  
<https://creately.com/diagram/example/ieb3p3ml/LaTeX>
- Se puede hacer en latex con el paquete *pgfgantt*  
<http://ctan.dcc.uchile.cl/graphics/pgf/contrib/pgfgantt/pgfgantt.pdf>

Pegar acá una captura de pantalla del diagrama de Gantt, cuidando que la letra sea suficientemente grande como para ser legible. Si el diagrama queda demasiado ancho, se puede pegar primero la “tabla” del Gantt y luego pegar la parte del diagrama de barras del diagrama de Gantt.

Configurar el software para que en la parte de la tabla muestre los códigos del EDT (WBS).  
Configurar el software para que al lado de cada barra muestre el nombre de cada tarea.  
Revisar que la fecha de finalización coincida con lo indicado en el Acta Constitutiva.

En la figura 4, se muestra un ejemplo de diagrama de gantt realizado con el paquete de *pgfgantt*. En la plantilla pueden ver el código que lo genera y usarlo de base para construir el propio.



Figura 4. Diagrama de gantt de ejemplo

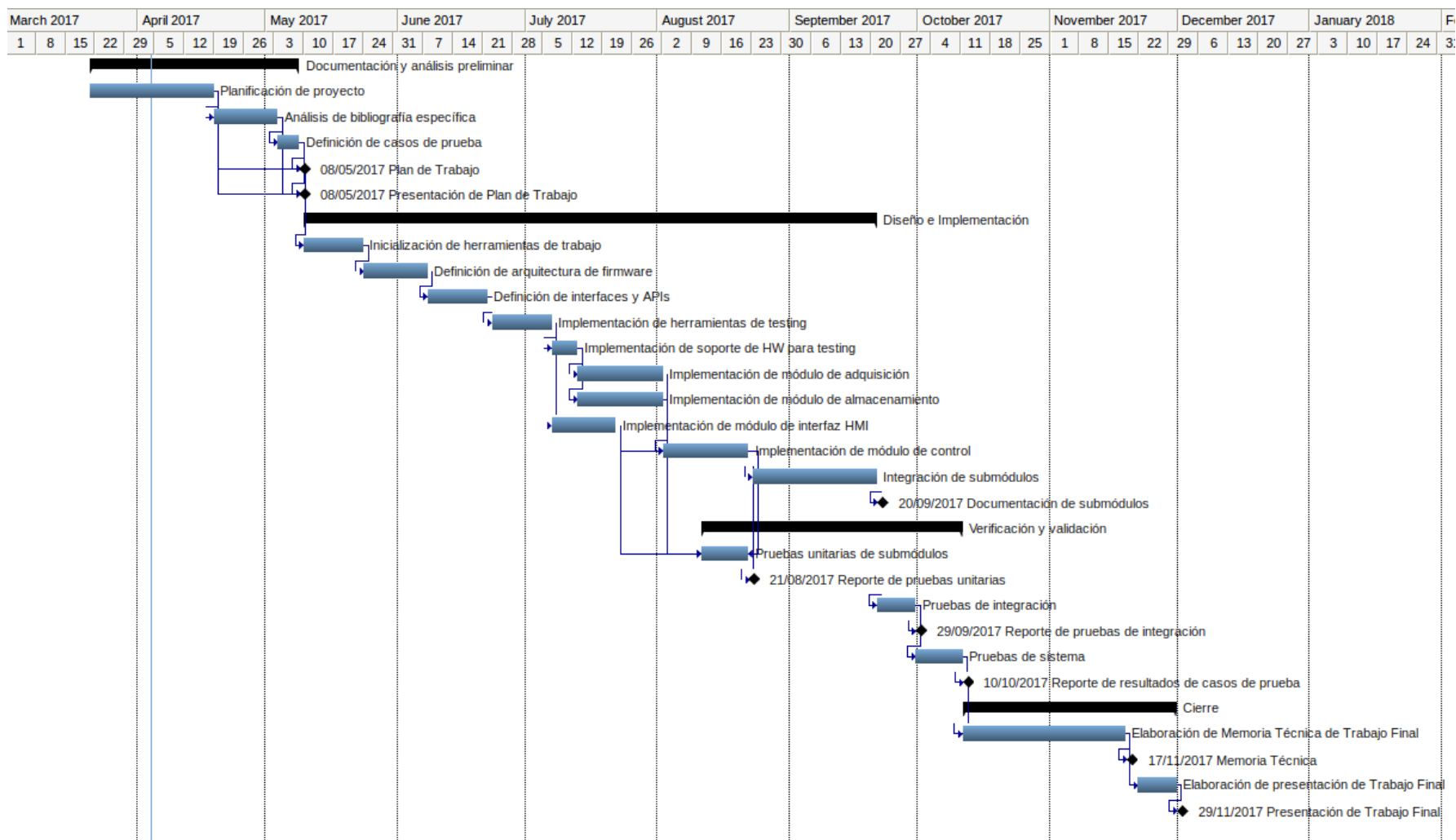


Figura 5. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

**IMPORTANTE:** No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

## 13. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos de forma negativa)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):

■ Ocurrencia (O):

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como  $RPN=S \times O$ )

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a...

Nota: los valores marcados con (\*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación). Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S). - Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

## 14. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.
  - Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente. Detallar
  - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido. Detallar

Tener en cuenta que en este contexto se pueden mencionar simulaciones, cálculos, revisión de hojas de datos, consulta con expertos, mediciones, etc. Las acciones de verificación suelen considerar al entregable como “caja blanca”, es decir se conoce en profundidad su funcionamiento interno. En cambio, las acciones de validación suelen considerar al entregable como “caja negra”, es decir, que no se conocen los detalles de su funcionamiento interno.

## 15. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:  
- Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.