

TEMA I - Introducción a los Sistemas en Tiempo Real

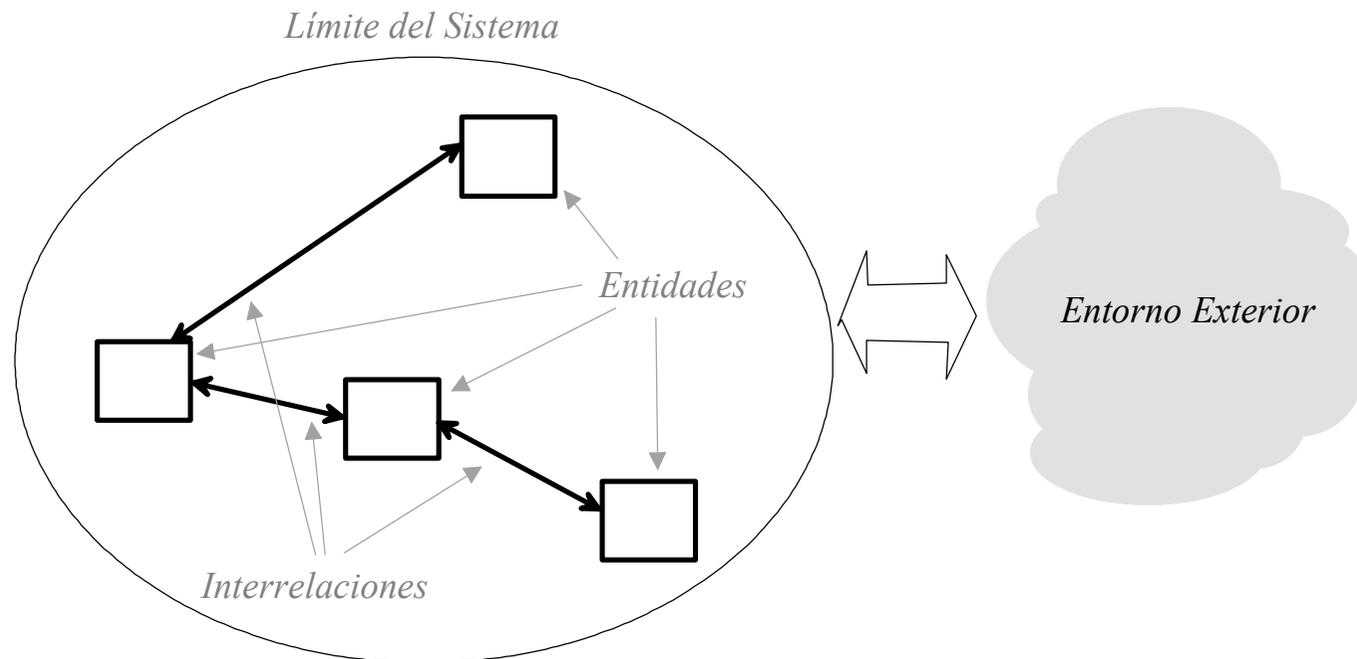
- 1.1. Definiciones
- 1.2. Clasificación de los Sistemas en Tiempo Real
- 1.3. Ejemplos de Sistemas en Tiempo Real
- 1.4. Características de los Sistemas en Tiempo Real
- 1.5. Interacción con el Exterior
- 1.6. Software para Sistemas en Tiempo Real
- 1.7. Medidas de Rendimiento

1.1. DEFINICIONES

Sistema:

-Combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo.

Componentes de un Sistema:

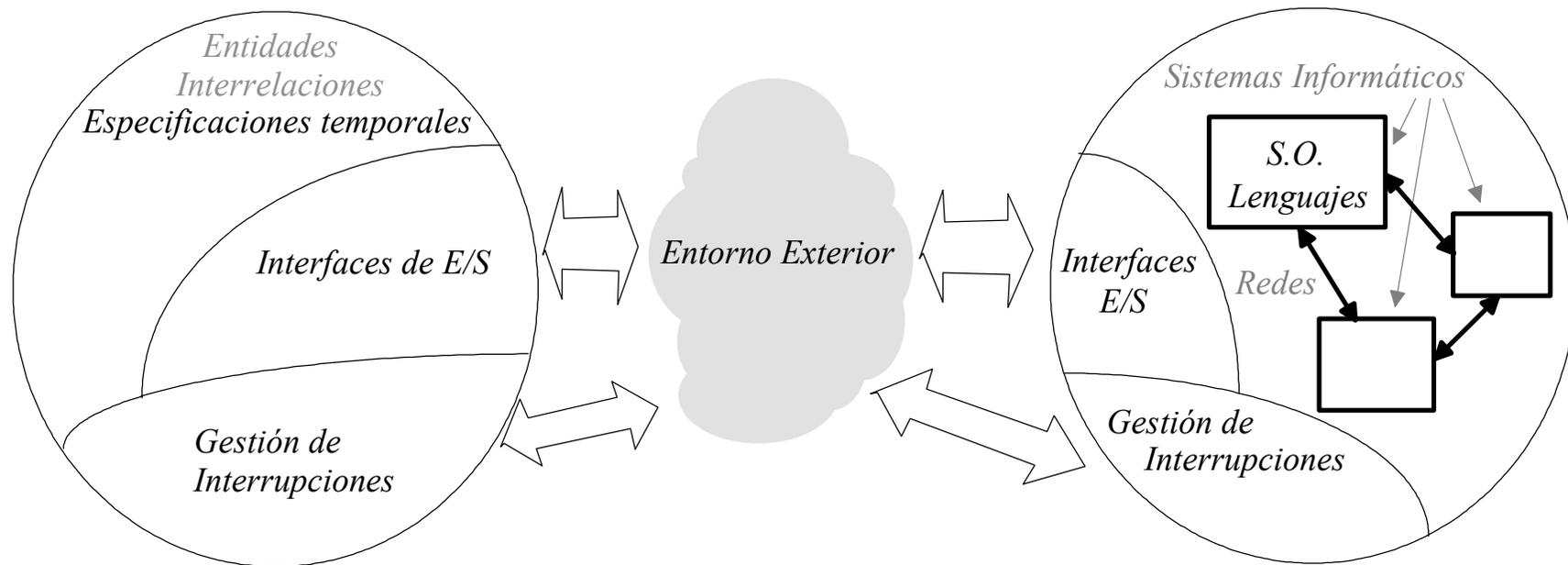


Sistema en Tiempo Real:

-Sistema que tiene que responder a estímulos externos en tiempo finito y especificado.

-> El correcto funcionamiento de un sistema de T.R. No depende únicamente de los resultados que obtenga, sino del tiempo en el que éstos se producen.

Componentes de un Sistema de Tiempo Real:



1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS EN TIEMPO REAL

Tiempo Real Duro (*Hard Real Time*): es absolutamente imperativo que la respuesta del sistema a eventos externos ocurra dentro del tiempo especificado.

Tiempo Real Suave (*Soft Real Time*): se permite que se pierdan ocasionalmente algunas especificaciones temporales, aunque debe cumplirlas normalmente.

Tiempo Real Real (*Real Real Time*): tiempo real duro y además los tiempos de respuesta deben ser muy cortos.

Tiempo Real Firme (*Firm Real Time*): tiempo real suave, y además el sistema no obtiene beneficios de la pérdida ocasional de especificaciones temporales.

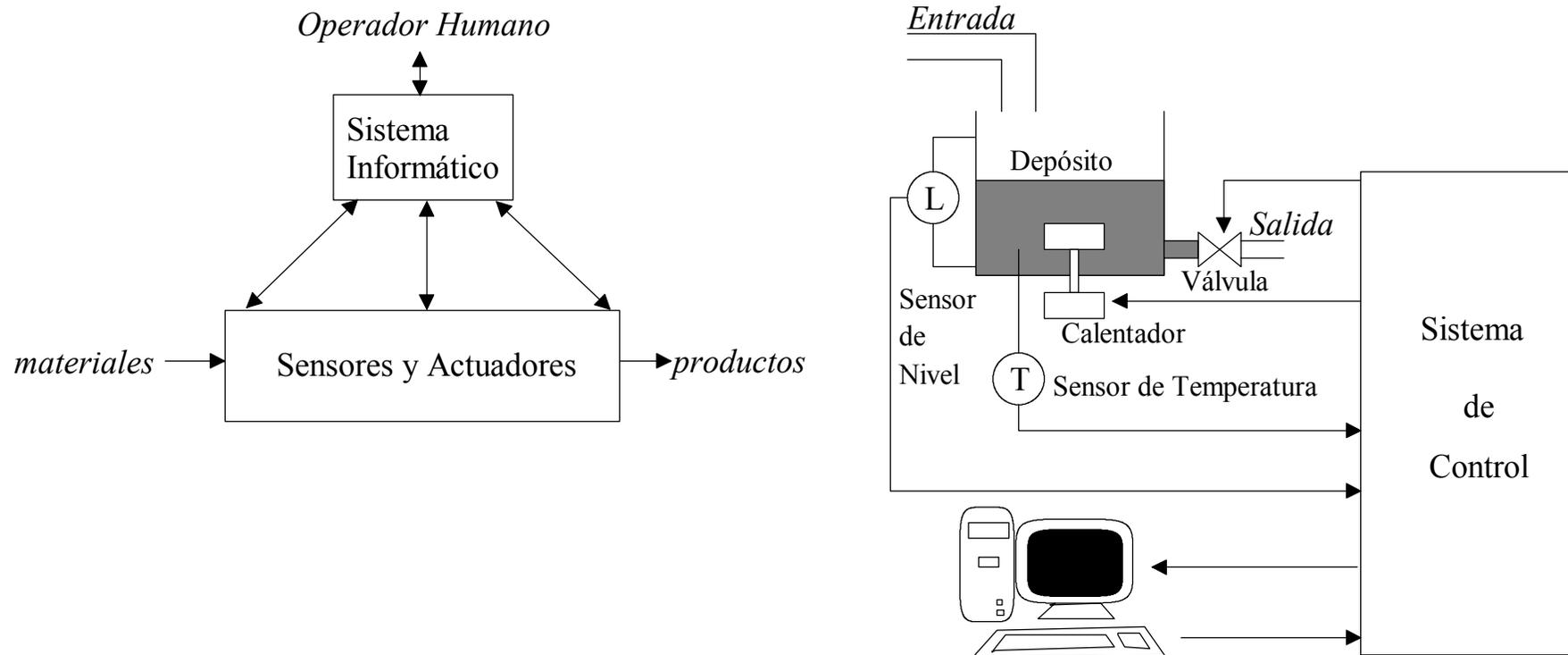
Propietarios (comerciales, acceso por pago) y **Abiertos** (modificables, estándares).

Centralizados (un sistema central de control) y **Distribuidos** (múltiples sistemas de control).

1.3. EJEMPLOS DE SISTEMAS EN TIEMPO REAL

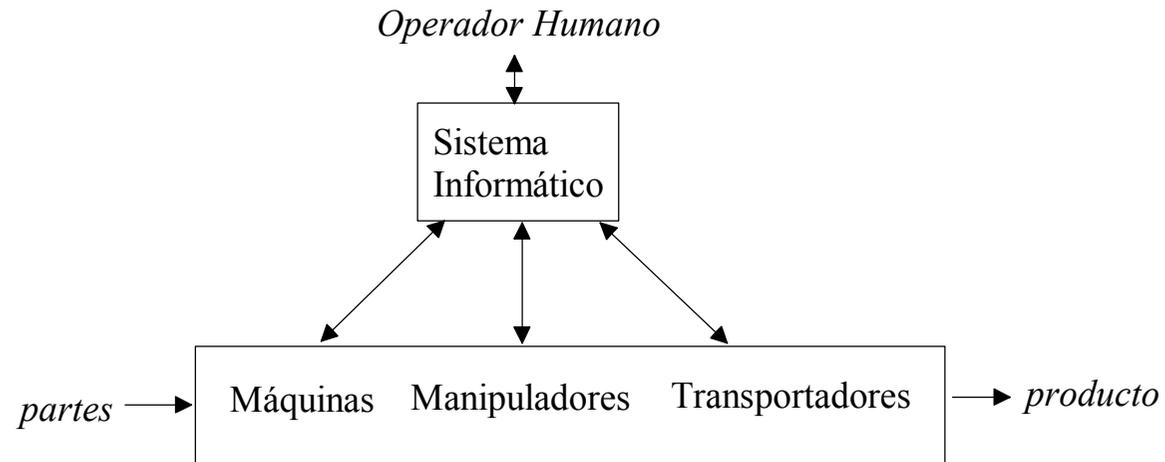
Sistemas de Control de Procesos:

Controlan sistemas industriales externos que requieren una respuesta en tiempo finito y predecible, y dependen de que se dé la respuesta en ese tiempo.



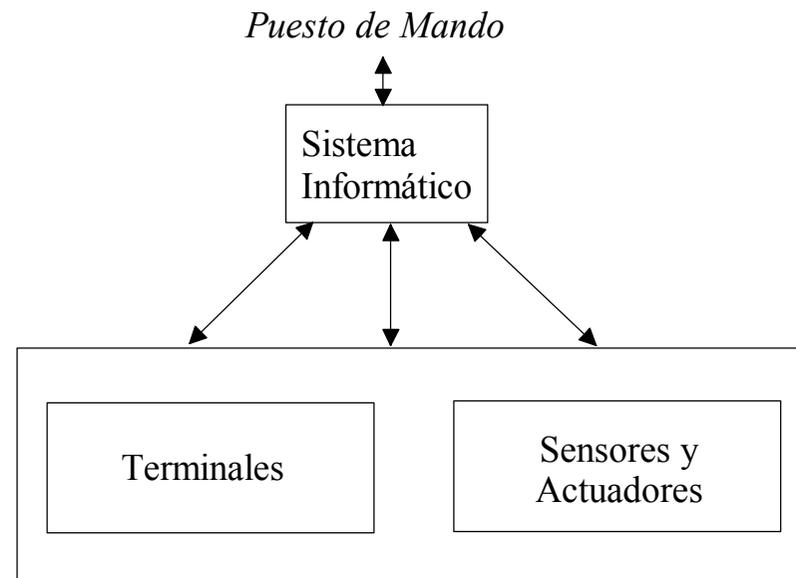
Sistemas de Control de Fabricación:

- Coordinan conjuntos de dispositivos para la fabricación de productos.
- Componentes: sistema de control, dispositivos (manipuladores, cintas transportadoras, etc.).
- Si se usan sistemas informáticos, se denominan CIM (Computer Integrated Manufacturing).
- Se persigue reducir costes y aumentar la productividad.



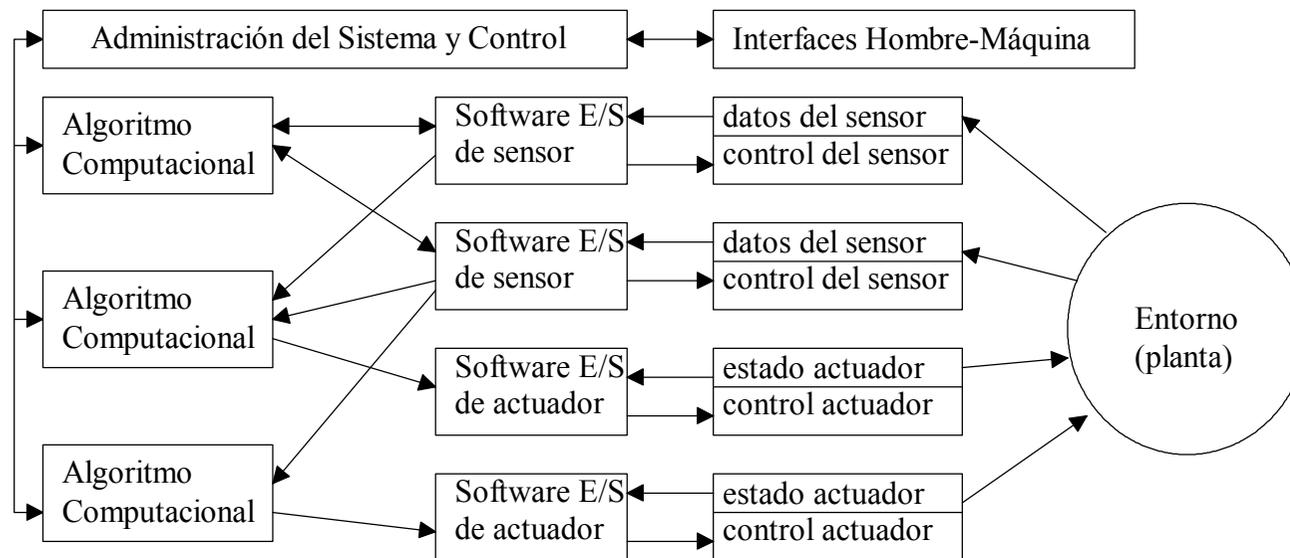
Sistemas de Comunicación, Mando y Control:

- Constituidos por sistemas de toma de decisiones conectados en red.
- Utilidades: tráfico aéreo, transacciones bancarias, reserva de billetes, gestión de energía, etc.).



Sistemas Empotrados:

- El sistema de control forma parte del sistema a controlar.
- Normalmente sólo proveen entornos de ejecución, no de depuración ni desarrollo.
- El diseño debe incluir el hardware concreto a controlar.
- Diseño multidisciplinar.
- Presencia de reloj(es) de tiempo real.
- Potentes mecanismos de E/S e interrupciones y pocas facilidades de propósito general.



1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EN TIEMPO REAL

Concurrencia: se componen de un conjunto de actividades realizándose en paralelo.

Dependencia del Tiempo: se pueden ejecutar tareas en respuesta a señales externas o periódicamente.

Fiabilidad y Tolerancia a Fallos: deben funcionar aún en presencia de fallos o averías parciales (normalmente mediante elementos redundantes).

Interacción con el Hardware: para su conexión con el exterior. Interacciones activas y pasivas.

Manipulación de Números Reales: adquiridos a de medidas del exterior mediante interfaces.

Eficiencia: es deseable una implementación eficiente. Entra en conflicto con:

Tamaño y Complejidad: suelen ser grandes y por lo tanto es deseable usar técnicas modulares. Entra en conflicto con la eficiencia.

1.5. INTERACCIÓN CON EL EXTERIOR

*Dos tipos de interacción con el exterior:

Activa, a través de **Interfaces de Entrada y Salida**, que pueden ser:

- Digitales
- De pulsos y temporizadores
- Analógicos

Pasiva, a través de **interrupciones**, que pueden ser:

- Simples
- Múltiples

*Y un tipo de interacción inter-componentes:

Redes de Comunicaciones, que pueden ser:

- Deterministas
- No Deterministas

1.6. SOFTWARE PARA SISTEMAS EN TIEMPO REAL

-Para tener Tiempo Real, éste debe estar contemplado en el Hardware y en el Software (S.O. + aplicaciones).

- Requisitos del Hardware:
 - Interfaces Eficientes de E/S
 - Sistema de Interrupciones
 - Cálculo con Números Reales
 - Relojes de Tiempo Real
 - Protección de Memoria para Concurrencia

- Requisitos del Sistema Operativo:
 - Concurrencia
 - Mecanismos de Medición del Tiempo
 - Planificación de Tareas para Tiempo Real
 - Acceso a Interfaces
 - Gestión Eficiente de Interrupciones
 - Mecanismos para la Portabilidad

- Requisitos de los Lenguajes de Programación:
 - Concurrencia
 - Manejo de Excepciones
 - Medida del Tiempo
 - Acceso a Interfaces
 - Gestión de Interrupciones
 - Portabilidad

-Los lenguajes de programación pueden requerir soporte para Tiempo Real del Sistema Operativo:

- Ensamblador
- RTL/2
- Coral 66
- C
- C++

-O pueden incluirlo en su definición:

- Ada
- MODULA-2
- Chill
- Mesa
- Java RT

1.7. MEDIDAS DE RENDIMIENTO

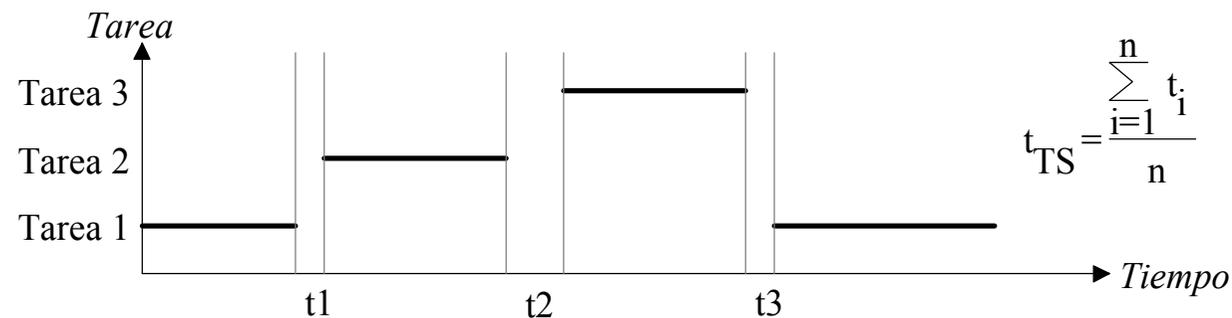
-Para medir el rendimiento de un sistema en tiempo real no es suficiente medir su velocidad de proceso (MIPS o MFLOPS), lo cual se suele realizar durante la ejecución de una única tarea.

1. Métrica Rhealstone (*Rhealstone Metric*):

-Basada en seis medidas cuantitativas:

- Tiempo de Cambio de Tarea (*Task Switching Time*): tiempo medio desde que una tarea pierde la CPU hasta que otra de la misma prioridad toma la CPU (t_{TS}).

Está influenciado por la eficiencia de la CPU en guardar y recuperar su conjunto de registros y por la arquitectura de la CPU y su conjunto de instrucciones.

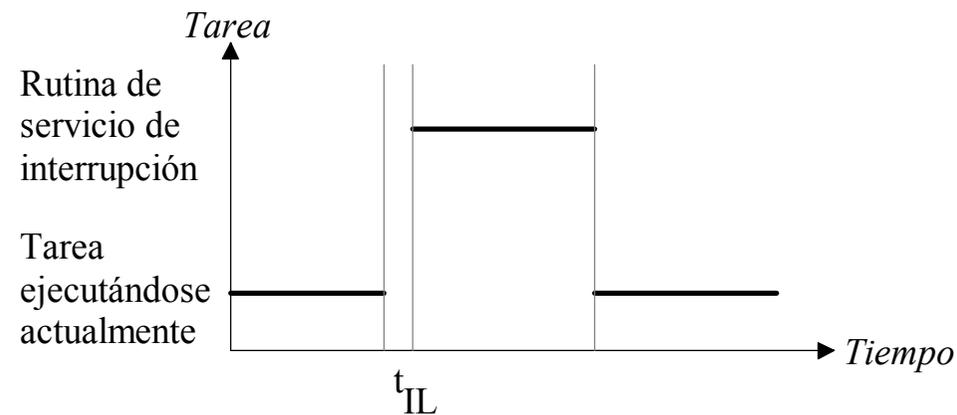


- Tiempo de Expulsión (*Preemption Time*): tiempo medio desde que una tarea pierde la CPU hasta que otra de mayor prioridad la consigue (t_p).

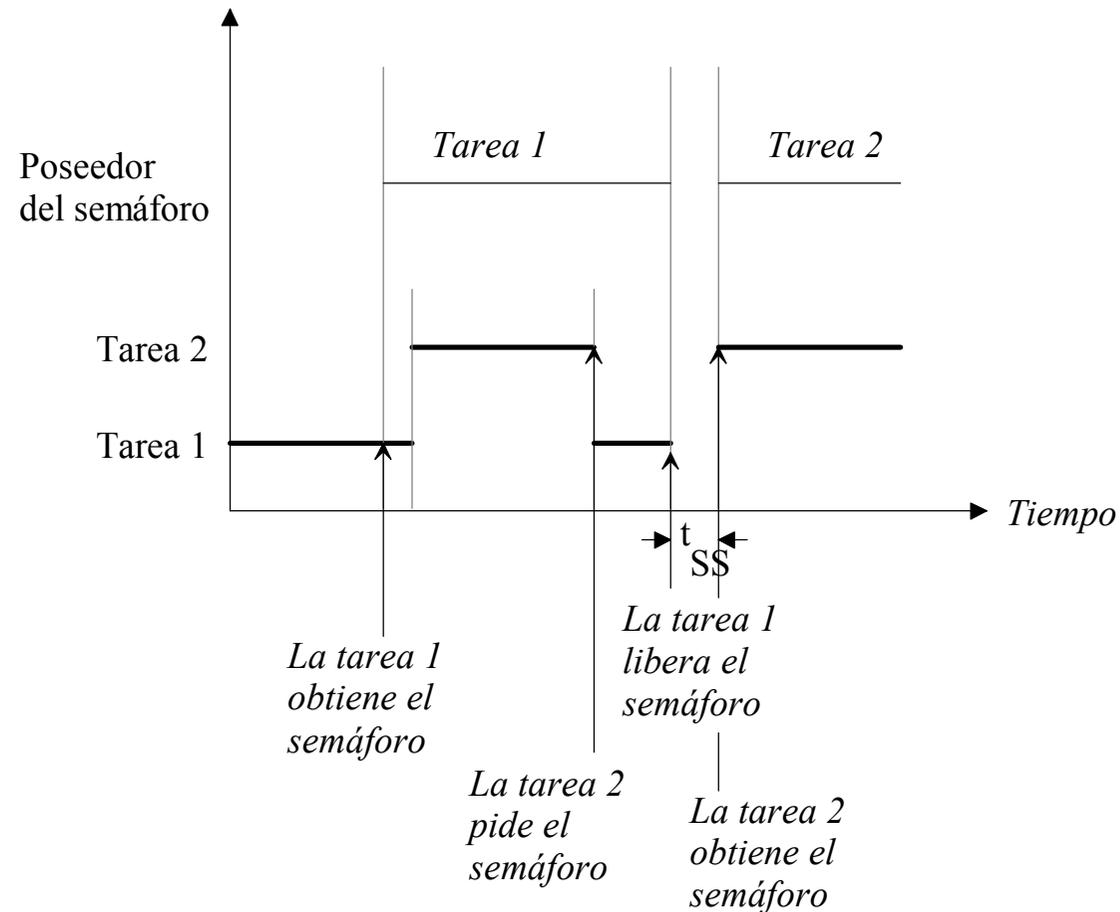
Está influenciado por la capacidad del sistema de reconocer la activación de una tarea de mayor prioridad que la actual, y por el tiempo de cambio de tarea t_{TS} . Por tanto, $t_p > t_{TS}$.

- Tiempo de Latencia de Interrupciones (*Interrupt Latency Time*): tiempo desde que la CPU recibe una señal de interrupción hasta que comienza la ejecución de la primera instrucción de la rutina de servicio de esa interrupción (t_{IL}).

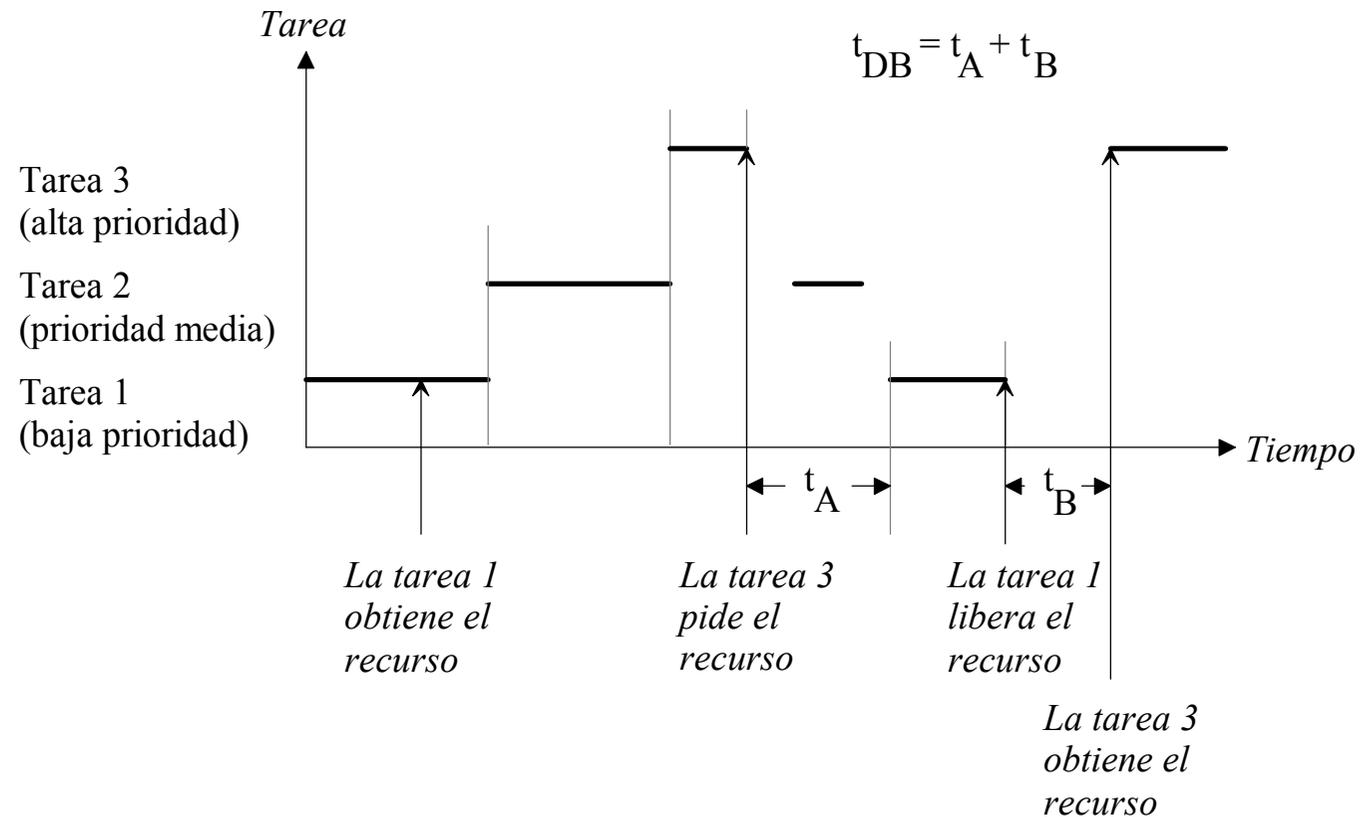
Está influenciado por la eficiencia del S.O. para el manejo de interrupciones y por la capacidad de la arquitectura de la CPU para manejar interrupciones externas.



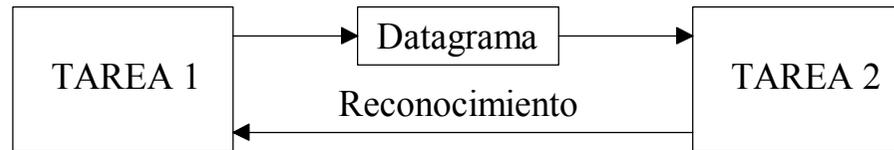
- Tiempo de Intercambio de Semáforo (*Semaphore Swifling Time*): tiempo desde que una tarea que posee un semáforo libera el mismo y otra tarea que esperaba en el semáforo lo toma (t_{SS}). Representa la carga de tiempo asociada con la exclusión mutua.



- Tiempo de Salida de Bloqueo (*Deadlock Breaking Time*): tiempo medio que tarda el sistema en resolver una situación de bloqueo (t_{DB}).



- Flujo de Salida de Datagramas (*Datagram Throughput*): Kbytes por segundo que una tarea puede enviar a otra vía llamadas al sistema operativo sin usar buffer de mensajes ni paso de punteros (t_{DT}). La tarea emisora requiere la recepción de una señal de reconocimiento.



-Cálculo de la métrica Rhealstone:

$$R_w = c_1 \cdot f_1 + c_2 \cdot f_2 + c_3 \cdot f_3 + c_4 \cdot f_4 + c_5 \cdot f_5 + c_6 \cdot f_6$$

donde:

C_i son pesos que indican la importancia de cada factor (p.ej.: $c_i=1$).

$f_1=1/t_{TS}$, donde t_{TS} está medido en segundos.

$f_1=1/t_p$, donde t_p está medido en segundos.

$f_1=1/t_{IL}$, donde t_{IL} está medido en segundos.

$f_1=1/t_{SS}$, donde t_{SS} está medido en segundos.

$f_1=1/t_{DB}$, donde t_{DB} está medido en segundos.

$f_1=t_{DT}$

2. Tiempo de Latencia de Ejecución de Procesos (*Process Dispatch Latency Time*):

-Basado en el tiempo desde que la CPU recibe una interrupción hasta que la tarea de tiempo real y alta prioridad que estaba esperando esa interrupción comienza su ejecución (t_{PDL}).

-Consiste en:

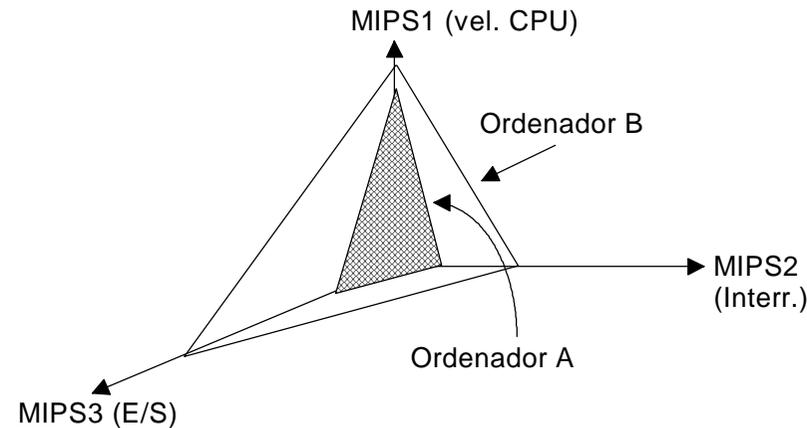
- Tiempo de respuesta de interrupción (desde que la CPU recibe la señal hasta que la rutina de servicio de la interrupción comienza).
- Tiempo de la rutina de interrupción (ejecución de la rutina de servicio de la interrupción).
- Tiempo desde que el software reconoce que debe ceder la CPU a la tarea de alta prioridad que esperaba la interrupción, hasta que lo cede.
- Tiempo de cambio de contexto, al de la tarea de alta prioridad.

3. Medidas Tridimensionales (*Tri-Dimensional Measures*):

-Integran medidas interdependientes y muestran gráficamente esas dependencias:

- Velocidad computacional de la CPU, en millones de instrucciones por seg. (MIPS1).
- Capacidad de gestión de interrupciones, en millones de interrupciones por seg. (MIPS2).
- Capacidad de E/S, en millones de operaciones de E/S por seg (Mb/seg) (MIPS3).

-Normalmente, la variación en una de las medidas supone una variación en las otras, formando una superficie sobre el espacio (MIPS1, MIPS2, MIPS3).



-Para comparar, se extraen algunas medidas globales:

$$Volumen = \int \int MIPS1(MIPS2, MIPS3).dMIPS2.dMIPS3$$

$$MIPS_{equivalentes} = \sqrt{MIPS1.(100.MIPS2).MIPS3} \text{ (se multiplica MIPS2*100 por ser inferior a los otros MIPS)}$$

-Otras medidas derivables de la representación gráfica:

-Sobrecarga de Programas (*Program Overhead*) (P). Porcentaje de incremento de tiempo de ejecución de un programa cuando existen interrupciones respecto a cuando no existen:

$$P = \frac{t_n - t_0}{t_0} . 100 (\%), \text{ donde } t_n = \text{tiempo de ejecución bajo interrupciones, } t_0 = \text{tiempo sin interrupciones.}$$

-Sobrecarga del Sistema (*System Overhead*) (S). Porcentaje de tiempo de CPU dedicado por el sistema a la gestión de interrupciones: $S = \frac{t_n - t_0}{t_n} . 100 (\%)$

4. Test Real/Stone (*Real/Stone Benchmark*):

-Es un test software que simula un entorno de tiempo real.

-Se simula un sistema en el que existen procesos de tiempo real, procesos simuladores de tarjetas de adquisición de datos, procesos de usuario de baja prioridad y procesos del sistema.

-Consiste en 3 tests:

-Test de Respuesta del Sistema. Comprueba la exactitud con la que los procesos de tiempo real son capaces de reconstruir los datos procedentes de los de adquisición de datos. A mayor capacidad de respuesta del sistema, mayor número de procesos de tiempo real ejecutándose sin errores.

-Test de Expulsividad del Sistema. Comprueba si los procesos del sistema son expulsables cuando los de tiempo real necesitan la CPU.

-Test de Capacidad de E/S. Comprueba la capacidad de transferencia de datos a disco.

-Se generan gráficas de diversos parámetros relacionados con cada test.