

## **Métricas para apoyo a la toma de decisiones gerenciales.**

Carolina Esteves  
Mariana Lasarte  
Mariel Feder

**Laboratorio de Ingeniería de Software.  
Universidad ORT Uruguay.**

### **Dirección postal:**

Universidad ORT Uruguay  
Facultad de Ingeniería  
ORT Software Factory

Cuareim 1451  
11100 Montevideo, Uruguay.  
Teléfono 598 29021505

### **Direcciones electrónicas:**

Carolina Esteves [estevesc@adinet.com.uy](mailto:estevesc@adinet.com.uy)  
Mariana Lasarte [mlasarte@adinet.com.uy](mailto:mlasarte@adinet.com.uy)  
Mariel Feder [mfeder@adinet.com.uy](mailto:mfeder@adinet.com.uy)

### **Resumen**

A lo largo de la experiencia en el desarrollo de proyectos de grado en la Universidad ORT, se pudo observar que uno de los principales problemas a los que se enfrenta un grupo de trabajo es poder estimar la cantidad de recursos humanos y temporales a dedicarle a cada tarea a desarrollar, imprescindible para poder realizar una buena planificación. El proyecto es generalmente la primera experiencia de trabajo en grupo de todos los miembros de un equipo, por lo cual cuentan con casi ninguna información a la hora de intentar comparar para estimar. Surge entonces, la necesidad de contar con información que sirva de ayuda en el momento de estimar.

El propósito de este artículo es mostrar el desarrollo de un modelo que permite obtener métricas útiles como apoyo para la estimación de los proyectos de grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ORT Uruguay.

### **Palabras claves**

Educación, Estimación, Esfuerzo, Gestión, Gerencia, Modelo, Métricas, Medición, ORTsf, Punto de Función , Proyecto, Proceso, Sistema, Software.

## **Introducción.**

A lo largo de la experiencia en el desarrollo de proyectos de grado en la Universidad ORT, se pudo observar que uno de los principales problemas a los que se enfrenta un grupo de trabajo es poder estimar la cantidad de recursos humanos y temporales a dedicarle a cada tarea a desarrollar, imprescindible para poder realizar una buena planificación. El proyecto es generalmente la primera experiencia de trabajo en grupo de todos los miembros de un equipo, por lo cual cuentan con casi ninguna información a la hora de intentar comparar para estimar. En este punto además intervienen factores como el grado de conocimiento de los integrantes del grupo, el grado de conocimiento de las herramientas a utilizarse, y factores propios del proyecto; todos importantes e influyentes en la estimación. Surge entonces, la necesidad de contar con información que sirva de ayuda en el momento de estimar.

Dada esta necesidad, y contando con datos de proyectos desarrollados en años anteriores que pudiesen servir como base para la estimación de los proyectos que se inician, se emprendió el desarrollo de un modelo que permita obtener métricas útiles como apoyo para la estimación de los nuevos. Este trabajo se divide entonces en tres capítulos:

1. Definición del conjunto de métricas a considerar.
2. Definición del modelo lógico necesario para dar soporte físico a las mismas.
3. Diseño e implementación de un sistema informático para la automatización del registro de datos y la consulta de las métricas.

## Entorno de trabajo

Para poder comprender la definición del modelo, resulta adecuado conocer el marco en el que se desarrolla el proceso de trabajo. El Laboratorio de Ingeniería de Software de la Universidad ORT Uruguay desde 1993 viene realizando una experiencia dedicada a la enseñanza de Ingeniería de Software y a la producción de software en forma industrial.

El Laboratorio denominado ORT Software Factory, ORTsf, es una organización académica dedicada a la enseñanza de prácticas de Ingeniería de Software, a la mejora de procesos de software, a la transferencia de tecnología a la industria y a la producción de software.

ORTsf está abocada fundamentalmente a desarrollar en los alumnos las habilidades que un profesional de las Tecnologías de la Información debe dominar y aplicar. Esto se logra a través de un método de enseñanza de estilo socrático, en el cual el alumno trabaja en grupos de desarrollo aplicados a proyectos reales, compuestos por alumnos de grado y postgrado, junto a docentes de larga experiencia en el área, en el marco de un proceso de software definido y documentado.

Mediante el pasaje de los alumnos de grado y postgrado por ORTsf se pretende acortar la distancia que normalmente existe entre el conocimiento teórico que el alumno recibe durante su carrera y la experiencia necesaria que un profesional necesita para desempeñarse exitosamente en su profesión.

Para lograr estos objetivos, en ORTsf se integra a un conjunto de equipos de proyecto al comienzo de cada semestre lectivo, y un conjunto de tutores de rol y de tutores de grupo que tiene por finalidad apoyar a los alumnos a lo largo del semestre. Los grupos están integrados por alumnos de grado y postgrado, y son “tutoreados” por docentes con experiencia en el área de Ingeniería de Software.

Estos equipos tienen como objetivo el desarrollo de un proyecto informático para clientes de empresas reales del mercado, trabajando dentro de un proceso definido por ORTsf. Este proceso genérico, puede ser adaptado por cada uno de los grupos a las particularidades de su proyecto. También existen casos, donde se desarrolla un producto para ningún cliente en particular, sino con el objetivo de introducirlo luego en el mercado.

Los integrantes de cada uno de los grupos, siguiendo el proceso definido por ORTsf, asumen diferentes roles que tienen responsabilidades específicas determinadas. Los roles relacionados con la construcción propiamente dichos, son generalmente asumidos por alumnos que además asumieron alguno de los otros roles:

*Gerente:* Gerente del proyecto, responsable de la gestión del proyecto

*Arquitecto:* Responsable técnico del proyecto, y responsable del diseño y construcción del software.

*LSQA:* Responsable de la calidad del proyecto

*LSCM:* Responsable de la gestión de la configuración del proyecto

*IRQ:* Responsable del relevamiento y documentación de los requerimientos

Roles relacionados con la construcción: *Desarrollador, Tester.*

Cada uno de los grupos tiene asignado un tutor de grupo, que sirve como apoyo y guía al grupo para temas relacionados con el propio proyecto. Además, existen tutores de rol (Gerencia, SQA, SCM, IRQ y Arquitectura), que brindan capacitación y apoyo a cada uno de estos roles de todos los proyectos.

El proceso prevé además, diferentes fases por las que debe atravesar el proyecto, en un orden que dependerá del ciclo de vida que seleccione cada grupo. Estas fases son:

*Análisis del Negocio:* Fase opcional donde se realiza un relevamiento general del negocio (estudio del dominio), para entender sus fundamentos y llegar a definir cuáles son los sistemas que el mismo necesita (plan de sistemas), para luego elegir entre estos, el sistema a desarrollar.

*Ingeniería de Requerimientos:* Relevamiento y documentación de los requerimientos

*Diseño:* Diseño de la solución (diseño lógico, diseño físico, etc).

*Implementación:* Codificación de la solución

*Testing:* Fase de Pruebas

En paralelo, y concomitantemente con estas fases, se realizan las tareas de gestión y administración del proyecto. Estas otras tareas, que consumen también recursos del proyecto pueden agruparse en:

*Gerencia:* Tareas de gestión del proyecto

*SQA:* Tareas de gestión de la calidad del proceso y del producto

*SCM:* Tareas de gestión de la configuración

*Capacitación:* Tareas de formación de los alumnos en el proceso de SF, en las herramientas y técnicas que sean necesarias para su proyecto, en los roles a desempeñar, etc.

## **Definición de métricas**

### ***El proceso de definición***

La parte más importante del modelo es la definición de las métricas, ya que es a través del beneficio que provean que se podrá medir su éxito. La idea fue desde el principio poder generar elementos de comparación entre proyectos y métricas útiles para usarse como guía para futuras generaciones.

Las primeras métricas definidas se centran en la estimación de esfuerzo, las cuales colaboran en la elaboración del presupuesto del proyecto: promedio de integrantes, promedio de horas totales, promedio de esfuerzo por integrante y promedio de esfuerzo por rol. Primeramente se pensó en medir el esfuerzo solamente por rol desempeñado. Luego, y dado que cada proyecto registra el esfuerzo de la forma que le resulte más conveniente (por rol, por fase, por iteración definida, por producto producido, etc); se decidió contemplar aquellas formas de registro de esfuerzo que podemos llamar fijas, ya que están dadas en el proceso, obteniéndose la métrica: promedio de esfuerzo por rol y por fase.

En una segunda etapa, se vio que el tamaño de cada proyecto es un factor importante a considerar, ya que permite estimar al relacionarlo con el tiempo del proyecto. Puede darse el caso de un proyecto demasiado grande como para ser finalizado en el tiempo dispuesto académicamente, y en tal caso, al avanzar en el proceso, el grupo puede negociar funcionalidad a diseñar o implementar, de forma de comprometerse a finalizar una parte acordada con el cliente o con ORTs. O sea que la dimensión del proyecto para diferentes etapas puede no ser la misma, dependiendo de esto. Por esta razón, se consideró como útil una métrica que mostrara la parte diseñada y construida, en contraposición con la dimensión total del proyecto, que se obtiene del relevamiento de requerimientos inicial.

Por último se tomó en cuenta la cantidad de errores generados en un proyecto. Cada error tiene un costo en recursos para corregirlo luego de detectarlo. Este tiempo de retrabajo le quita recursos a la planificación, por tanto cuanto mayor sea la cantidad de errores, más se desajustará esta. Si un gerente de proyecto puede saber la cantidad de errores generados en proyectos similares, puede tomar en cuenta el tiempo probable de retrabajo en la planificación.

Hasta ese momento, las métricas definidas se relacionaron con el esfuerzo, la dimensión y los errores. Ya que la dimensión del proyecto es una medida que cada grupo puede calcular al finalizar la etapa de relevamiento de requerimientos, y recalcularse al finalizar las etapas de Diseño y Construcción, surgió la idea de generar métricas para relacionar la dimensión del proyecto con el esfuerzo por fase y por rol, y con los errores.

Al finalizar este proceso, el modelo de métricas que se desea obtener son las siguientes:

- a) Promedio de integrantes por proyecto.
- b) Promedio de horas totales por proyecto.
- c) Promedio de hrs. incurridas por integrante.
- d) Promedio de esfuerzo por rol y por fase.
- e) Promedio de unidades de medidas relevadas.
- f) Promedio de unidades de medidas diseñadas.
- g) Promedio de unidades de medidas construidas.
- h) Promedio de errores generados en la fase de construcción por unidad de medida construida.
- i) Promedio de errores detectados en la fase de construcción por unidad de medida.
- j) Esfuerzo promedio por unidad de medida en horas. Distribución porcentual del esfuerzo en los proyectos de cada unidad de medida por rol y por fase.
- k) Porcentaje promedio del tiempo total incurrido por unidad de medida realizado por rol y por fase.

### ***Dominio de proyectos a consultar.***

Dada la disparidad que podía existir entre los distintos proyectos (tamaño, duración, cantidad de integrantes del equipo, tipo de proyecto, etc), es posible que un cálculo general que incluya todas las variables, arroje resultados inconsistentes, o la menos sin ningún valor para la estimación. Es por eso que se definen variables que caracterizan a estos proyectos y cuyos valores o rangos comunes, permiten agruparlos en subconjuntos sobre los cuales se aplican los cálculos. Estos atributos son:

- a) *Cantidad de integrantes.* Cuanto más grande es un equipo de proyecto, más difícil es organizarlo. En este punto también es relevante el grado de interacción que hay entre sus miembros. Estos factores pueden requerir más formalidad en la realización de las actividades.
- b) *Ciclo de vida.* El ciclo de vida, que es parte del proceso de cada proyecto, representa aspectos dinámicos - como paralelismo y precedencia - de su desarrollo.
- c) *Duración.* Ya que en ORTs se desarrollan proyectos de 6 meses o 1 año de duración, este es el dato que distingue un grupo del otro. Los proyectos de menor duración serán de menor tamaño, o se limitarán al desarrollo de una parte de lo requerido.
- d) *Generación.* El proceso propuesto por ORTs puede sufrir modificaciones, por lo cual de una generación a otra se puede trabajar con algunas bases diferentes. Por esta razón se decidió incluir un filtro por generación, en el entendido de que podría resultar útil para un equipo consultar los datos de los proyectos de la generación anterior ya sea simplemente por aproximación temporal, o por cambios en el proceso.
- e) *Tamaño.* La dimensión del proyecto determina que pueda ser diseñado y/o implementado en su totalidad o solo en un porcentaje.

- f) *Tipo de proyecto.* En ORTs se desarrollan productos propuestos por empresas relacionadas con la universidad o con los alumnos, o por los mismos alumnos. Estos últimos carecen de clientes y usuarios que definan los requerimientos del producto, y por tanto su etapa de especificación de requerimientos es planificada de manera diferente, y generalmente más duradera. Los posibles tipos de proyecto a desarrollarse son entonces:
- a) Proyecto de investigación.
  - b) Producto a medida.
  - c) Producto estándar.

### ***Cálculo de las métricas.***

Para el conjunto de proyectos seleccionados para trabajar, el cálculo se realizó de la siguiente manera:

*Promedio de integrantes por proyecto, promedio de horas totales por proyecto.* Se calculan los promedios de estos valores.

*Promedio de horas incurridas por integrante.* Se divide la suma total de horas de los proyectos entre la suma de los integrantes de los mismos.

*Promedio de esfuerzo por rol y por fase.* Se obtiene para cada par (rol, fase) como el promedio del esfuerzo para el mismo par de todos los proyectos.

*Promedio de unidades de medidas relevadas, promedio de unidades de medidas diseñadas y promedio de unidades de medidas construidas.* Se realiza el promedio de los valores mencionados.

*Promedio de errores generados en la fase de construcción por unidad de medida construida.* Suma total de errores generados en la fase de construcción, sobre la suma de unidades de medida de construcción de los proyectos.

*Promedio de errores detectados en la fase de construcción por unidad de medida.* Suma total de errores detectados en la fase de construcción, dividido por la suma de unidades de medida de construcción de los proyectos.

*Esfuerzo promedio por unidad de medida en horas.* Para cada valor de unidad de medida por rol / fase de cada uno de los proyectos, se divide entre las unidades de medida correspondientes a esta fase (análisis del negocio e ingeniería de requerimientos con unidades de medida relevadas, diseño entre unidades de medida diseñadas y construcción entre unidades de medida construidas) para obtener el esfuerzo por rol / fase de una unidad de medida. Luego se promedian estos valores para obtener el conjunto de datos final (ver figura 1).

	Rol 1	Rol 2	Rol 3	Total
<b>Fase 1</b>	10 hs/um	30 hs/um	10 hs/um	50 hs/um
<b>Fase 2</b>	20 hs/um	10 hs/um	10 hs/um	40 hs/um
<b>Fase 3</b>	10 hs/um	10 hs/um	10 hs/um	30 hs/um
<b>Total</b>	40 hs/ um	50 hs/um	30 hs/um	<b>120 hs/um</b>

Figura 1

Resultado de la consulta esfuerzo promedio por unidad de medida en horas.

*Porcentaje promedio del tiempo total incurrido por unidad de medida realizado por rol y por fase.* Es la distribución porcentual de las horas invertidas para desarrollar una unidad de medida. Se obtiene como el porcentaje de cada casilla de la figura 1 dividido por el total de horas promedio de una unidad de medida.

## Definición del modelo

El próximo paso consistió en la definición de un modelo que permitiese almacenar la información necesaria para calcular las métricas definidas en el capítulo anterior. El resultado fue el siguiente modelo:

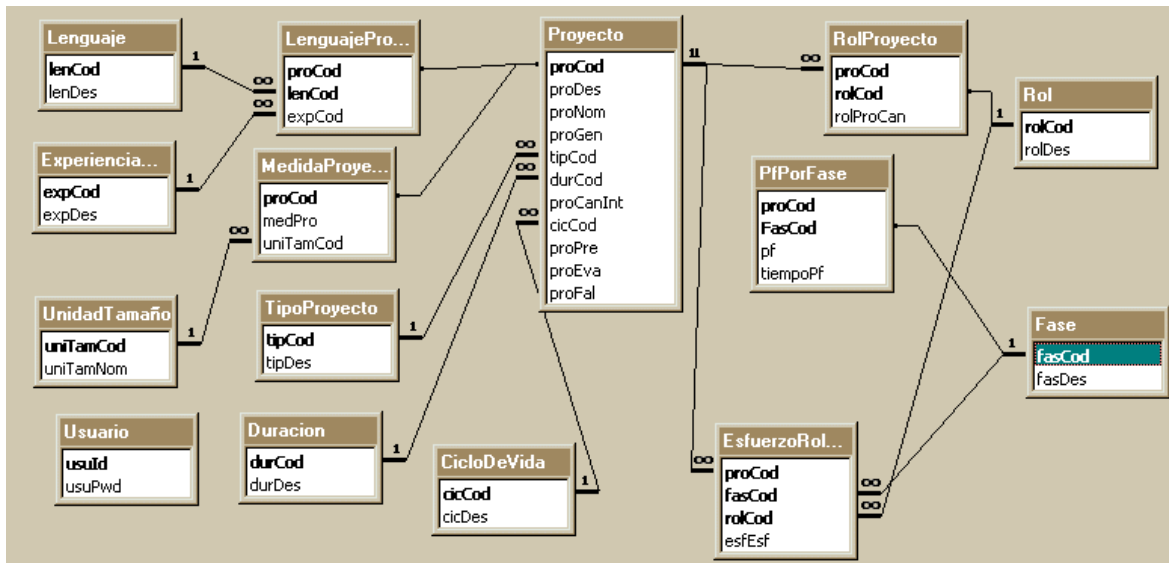


Figura 2

Modelo de datos Obtenido.

Los tipos de datos en el modelo se encuentran todos parametrizados de forma de no acotar el mismo.

## ***Adaptación al entorno de ORTs***

Se debe definir la unidad de medida del tamaño de los proyectos. Se eligió punto de función (aunque el modelo permite cualquier unidad de medida) porque en el relevamiento de datos se pudo observar, que el 95 % de los proyectos utiliza la técnica de punto de función para dar una medida con respecto al tamaño del sistema a desarrollarse. Esta técnica independiza la estimación de la implementación, estandariza la forma de contar y para una organización provee una medida normalizada que permite comparar proyectos distintos ya sea pertenecientes a una misma organización (como en el caso de ORTs) o a distintas organizaciones.

Existen actividades que se desarrollan en más de una fase, y no siempre es posible determinar a cuál fase corresponden (por ejemplo: planificar el proyecto lo cual podría implicar planificación de una fase). En este supuesto se encuentran en general las tareas relacionadas con las áreas de gestión, calidad y capacitación. Por ello, se definieron como fases en si mismas. Así surgen además de las fases de construcción del proceso de ORTs (Análisis del negocio, Ingeniería de Requerimientos, Diseño, Construcción, Testing), las pseudo fases de: Gerencia, SCM, SQA y Capacitación.

Para recolectar la información necesaria se definió el siguiente formulario (ver figura 3) a ser completado por el responsable de cada uno de los proyectos al finalizar los mismos.

### **DATOS FINALES DEL PROYECTO**

<b>Nombre Proyecto</b>	
<b>Descripción</b>	

**Carrera:**  AN  ID      Generación: Año \_\_\_\_\_  Semestre 1  Semestre 2

**Duración:**  6 Meses  1 Año      Cantidad Integrantes: \_\_\_\_\_

**Tipo de Proyecto:**

- Investigación
- Desarrollo producto a medida
- Desarrollo producto estándar

**Ciclo de Vida:**

- Cascada
- Incremental
- Evolutivo
- Espiral

**INTEGRANTES POR ROL**

Se ingresarán la cantidad de integrantes para los roles que tenga definido el proyecto. Especificar si se hubieran definido otros roles.



	GEPRO	AN	ARQ	SQA	SCM	DES	TESTER
<b>Cant. Integrantes</b>							

### LENGUAJES UTILIZADOS

Para la experiencia de desarrollo, utilizar un promedio para todo el equipo según la escala de referencia.

Lenguaje	Experiencia de desarrollo	Valor	Descripción
		1	Ninguno
		2	Básico
		3	Medio
		4	Experto

### ESFUERZO POR ROL Y FASE (en horas)

Completar si se hubieran definido otras fases o roles.

	GEPRO	AN	ARQ	SQA	SCM	DES	TESTER
<b>Definición del negocio</b>	X			X	X		
<b>Ing. Requerimientos</b>	X			X	X		
<b>Diseño</b>	X			X	X		
<b>Implementación</b>	X			X	X		
<b>Testing</b>	X			X	X		
<b>SQA</b>	X	X	X		X	X	X
<b>SCM</b>	X	X	X	X		X	X
<b>Gerencia</b>		X	X	X	X	X	X
<b>Capacitación</b>							

**NOTA:** En las tareas de construcción, no incluir el esfuerzo de las tareas de apoyo.

### PUNTOS FUNCIÓN

Calcular los puntos función que surgen del documento de análisis, del documento de diseño y del documento de construcción. Los mismos pueden ser diferentes por tener más elementos definidos que pueden modificar la cuenta al ir avanzando en el proyecto, o porque no se utilizó el mismo alcance para todas las fases.

	PF sin ajustar	PF ajustados
<b>ANALISIS</b>		
<b>DISEÑO</b>		
<b>CONSTRUCCION</b>		

### CALIDAD

Se ingresarán la cantidad de errores para las fases que tenga definidas el proyecto. Completar los valores si se hubieran definido otras fases.

	Def. Neg	Ing. Req.	Diseño	Construccion	Testing
<b>Errores Introducidos</b>					
<b>Errores Detectados</b>					

<b>Costos de prevención (en horas)</b>	
<b>Costos de evaluación (en horas)</b>	
<b>Costos de fallas (en horas)</b>	

Figura 3

Formulario utilizado para la recolección de datos por proyectos

## Definición del sistema

El paso final del proceso, consistió en el diseño e implementación de un sistema informático que permitiese la automatización del registro de la información y la obtención de las métricas definidas.

Este sistema se basa en el modelo de datos definido en el capítulo anterior. Se compone de tres áreas:

- a) *Mantenimiento de los datos parametrizables y de los rangos para los atributos de los proyectos.*
  - Ciclos de vida.
  - Duración.
  - Fases.
  - Lenguajes.
  - Niveles de experiencia.
  - Tipos de proyectos.
  - Unidades de medida.
  - Roles.
- b) *Mantenimiento de los datos de los proyectos.* Los datos coinciden con los atributos y valores del proyecto que se desea registrar según el modelo. La pantalla de ingreso de datos presenta un aspecto casi idéntico al formulario (ver figura 3 ) definido para recolectar los datos de los proyectos.
- c) *Consultas.* Se pueden obtener:
  - Los datos ingresados para un proyecto.
  - Los datos de un conjunto de proyectos, en base a filtros. Para definir el conjunto de proyectos a consultar, el sistema permite especificar mediante filtros valores para los atributos comunes que se desea (uno o varios), y solo se incluye en el cálculo aquellos que cumplen con estos valores (ver Definición de métricas). Las consultas posibles coinciden con el conjunto de métricas definidas en la Definición de métricas.

## **Conclusión**

Se ha logrado definir un conjunto de métricas que servirán como apoyo para la gestión de proyectos, básicamente en el área de estimación y planificación del proyectos.

Se definió también un modelo lógico para el almacenamiento de los datos necesarios para obtener estas métricas.

Se implementó un sistema informático para la automatización del ingreso de datos y obtención de estas métricas en base a los mismos.

La investigación permanecerá abierta, ya que la próxima instancia consiste en el análisis de la información recogida con este formato de los proyectos de ORTs<sup>f</sup>. Esta nos permitirá, por un lado relacionar matemáticamente tamaño con esfuerzo y errores, de forma de usar estos índices como herramienta de predicción. Por otro lado el análisis de estos datos, tendencias y desviaciones servirían de retroalimentación al modelo ya que podrían indicar la necesidad de adaptarlo o modificarlo, en un ciclo de mejora continua.

## **Bibliografía**

Albrecht A.J. 1979 “ *Measuring Application Development Productivity* ”. Monterey, Ca : IBM application Development Symposium.

Boehm, Barry W. 1981 “*Software Engineering Economics*” . New Jersey: Prentice-Hall.

Campanella, Jack. 1999 “*Principles of quality costs*”. 3era. Edición. Wisconsin: ASQ (American Society for quality).

Fenton, Norman. 1997 “*Software Metrics*”. Boston: PWS Publishing Company.

International Function Point Users Group. 1999 “ *Function Point Counting Practices Manual*”. Release 4.1.1. Westerville Ohio: International Function Point Users Group.

ORT Software Factory. 1999 “*Proceso de ORTs*”. Montevideo: Laboratorio de Ingeniería de software, Universidad ORT Uruguay.