



Facultad de Informática
Universidad Politécnica de Madrid



Departamento de Lenguajes y Sistemas
Informáticos e Ingeniería del Software



LISI
Laboratorio de Investigación
de Sistemas de Información
Universidad ORT

INDICADORES EMPÍRICOS FORMALES Y MUY TEMPRANOS DE COMPLEJIDAD ESENCIAL DE SISTEMAS DE GESTIÓN INTENSIVA DE DATOS: UN MODELO CONCEPTUAL

Pedro Salvetto, Juan Carlos Nogueira, Julio Fernández
{salvetto, nogueira, julio.fernandez}@ort.edu.uy

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD ORT URUGUAY

José Carrillo, Óscar Marbán, Javier Segovia
{jcarrillo, omarban, fsegovia}@fi.upm.es

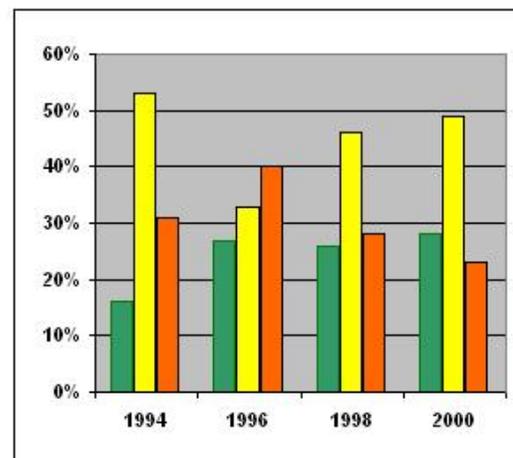
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, FACULTAD DE INFORMÁTICA

Agenda

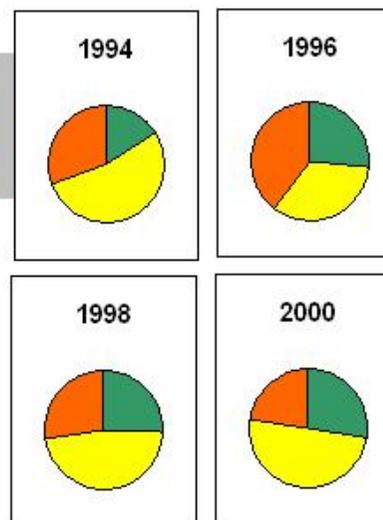
- La inmadurez de la Ingeniería del Software
¿oportunidad o amenaza?
- El Riesgo y la Estimación
- Modelos de Estimación de Tiempo y Esfuerzo y una
métrica de complejidad esencial para Sistemas de
Información
- Conclusiones y líneas de trabajo futuras
- Sus preguntas

La inmadurez de la Ingeniería del Software ¿oportunidad o amenaza?

	COCOMO II	
	1997	2000
PRED(0,20)	49%	70%
PRED(0,25)	55%	76%
PRED(0,30)	64%	80%



	1994	1996	1998	2000
EXITOSOS	16%	27%	26%	28%
COMPROMETIDOS	53%	33%	46%	49%
FALLARON	31%	40%	28%	23%



COMPLETADOS DENTRO DEL TIEMPO, PRESUPUESTO Y
SATISFICIENDO TODOS LOS REQUERIMIENTOS

1994 28000 16%

2000 78000 28%

Fuente: The Standish Group International, Inc. citada en Software
Magazine – February/March 2001

El Riesgo y la Estimación



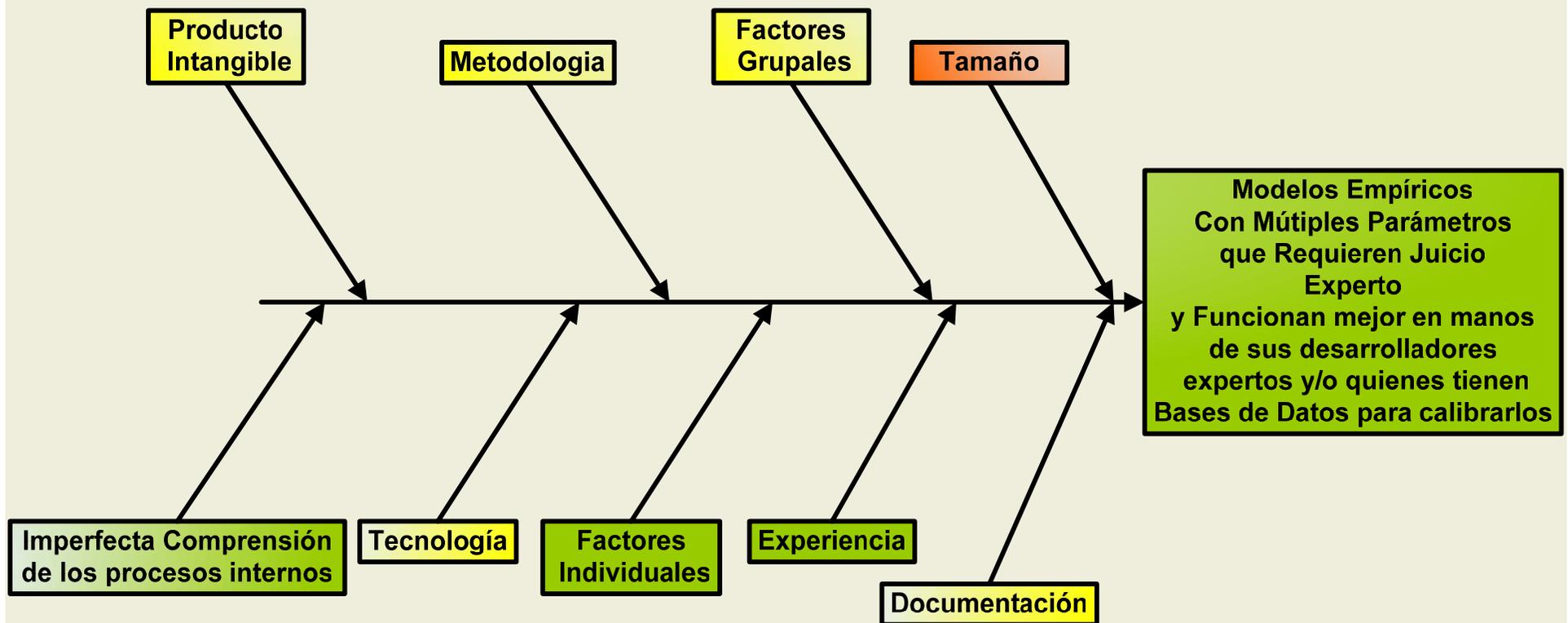
	BARRY BOEHM			CAPERS JONES
	1989	1995	2000	1994
1	PERSONAL	PERSONAL	PERSONAL	MÉTRICAS INEXACTAS
2	PLANIFICACIÓN TEMPORAL Y PRESUPUESTOS POCO REALISTAS	PLANIFICACIÓN TEMPORAL Y PRESUPUESTOS POCO REALISTAS	PLANIFICACIÓN TEMPORAL Y PRESUPUESTOS POCO REALISTAS	MEDICIÓN INADECUADA
3	DESARROLLAR FUNCIONES DE SOFTWARE EQUIVOCADAS	PROBLEMAS CON COMPONENTES PRODUCIDOS EXTERNAMENTE	DESARROLLAR FUNCIONES DE SOFTWARE EQUIVOCADAS	EXCESIVA PRESIÓN EN LA PLANIFICACIÓN

Sin embargo ... no nos sentimos frustrados ni fracasados!!!

- No debemos comparar una industria en pleno desarrollo pero en su infancia con industrias maduras
- *Carecemos de habilidad para asumir y evaluar objetiva y estructuradamente (de forma repetible e independiente del juicio experto) la variabilidad inherente a nuestra industria y los vertiginosos cambios de la sociedad actual.*
- Algunos proyectos nacen condenados a ser percibidos como fracasos

Factores del proceso software que dificultan la estimación y explican la *Crisis del Software*

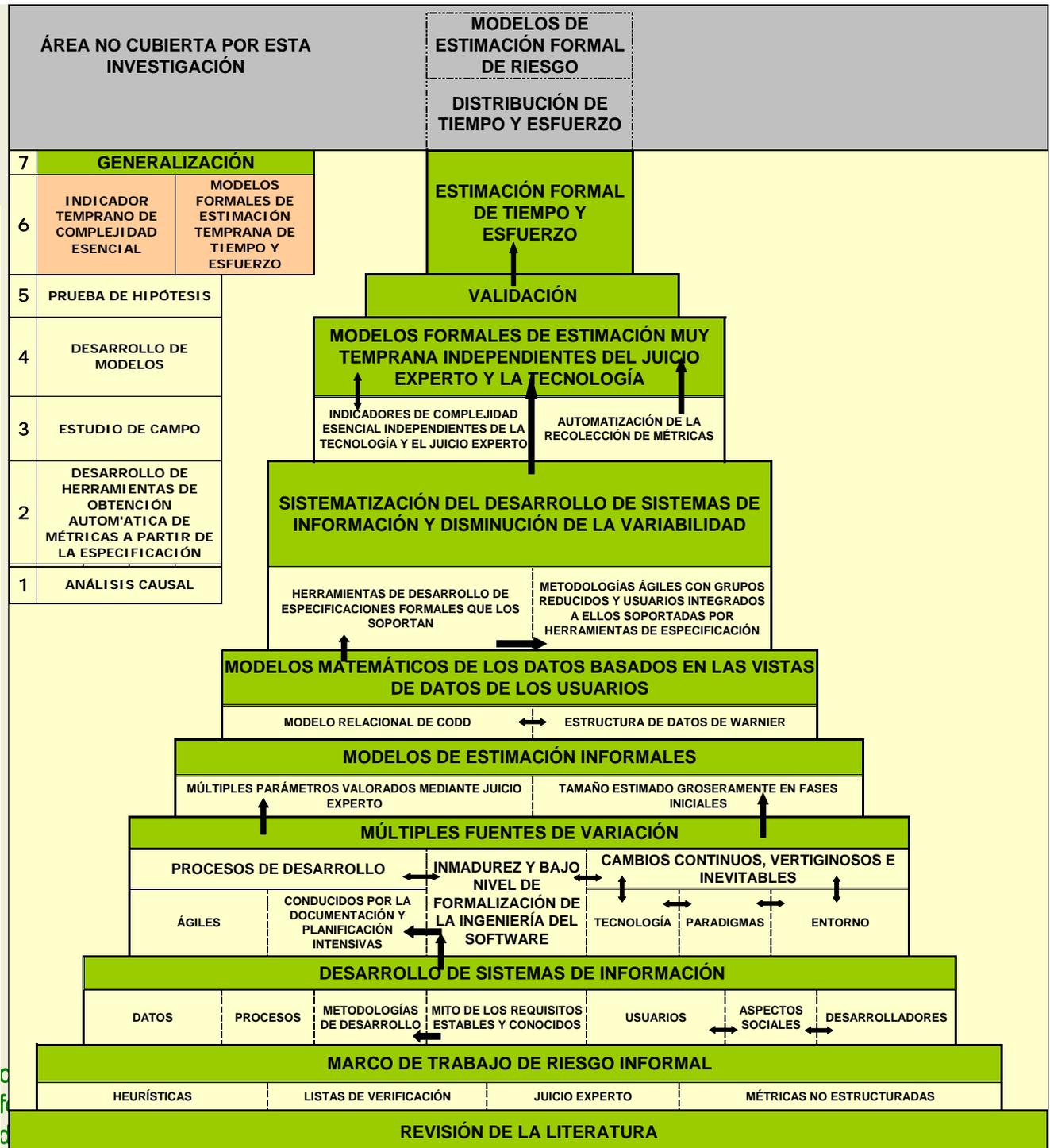
- Genera productos intangibles
- Requiere comunicación y coordinación intensivas
- Requiere trabajo intelectual e interacción humana
- A pesar del nivel repetible del CMM propuesto por SEI, los procesos software repetibles son raros
- Pueden replicarse pero no repetirse
- Proceso social cuyos detalles desconocemos
- La tecnología, los paradigmas y el entorno cambian tan rápidamente que no es posible incorporar la experiencia pasada
- Existen numerosos factores que influyen en el proceso e introducen gran variabilidad
- Frecuentemente son tratados como procesos industriales cuando el software no tiene naturaleza física, el impacto de los cambios puede propagarse explosivamente y su costo de replicación es nulo



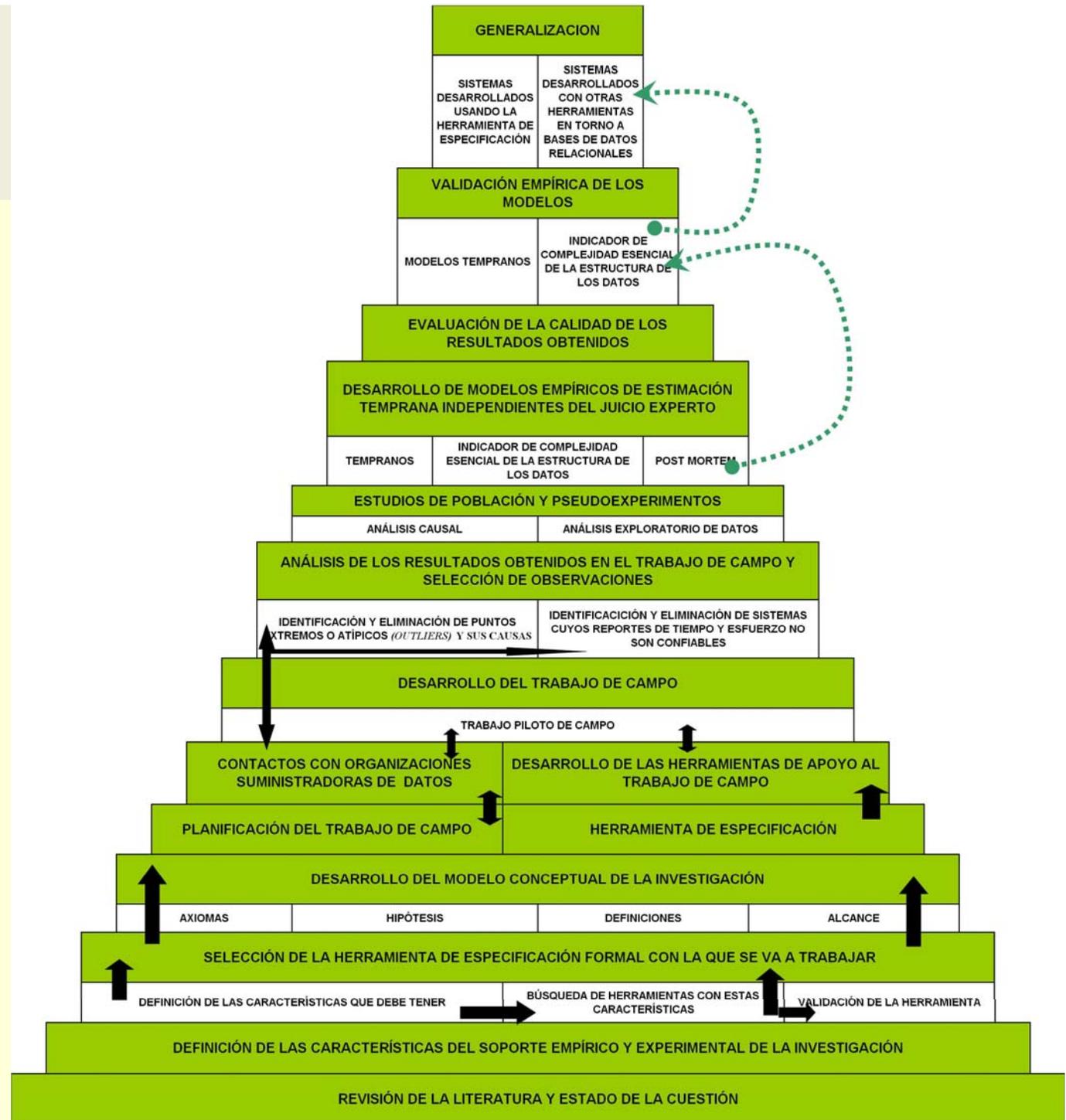
Consecuencias de la *Crisis del Software*

- modelos empíricos de estimación que incorporan numerosos parámetros, requieren juicio experto y miden el tamaño con métricas que sólo pueden ser estimadas inexactamente antes del diseño temprano (LOC, FP)
- metodologías de identificación, control y seguimiento de riesgos basadas en heurísticas, listas de verificación y juicio experto
- metodologías de gestión de proyectos de alto ceremonial que, se focalizan más en la generación de elementos para demostrar *que no tenemos la culpa y/o cumplimos con lo contratado o planificado*, que en obtener la satisfacción del cliente y alcanzar los objetivos del proyecto
- no asumir que los requisitos y las condiciones de ejecución del proyecto *van a cambiar*
- establecer las condiciones de ejecución del proyecto desde el inicio, *el momento en que menos conocen ambas partes del sistema a construir!!!*

PIRÁMIDE CONCEPTUAL



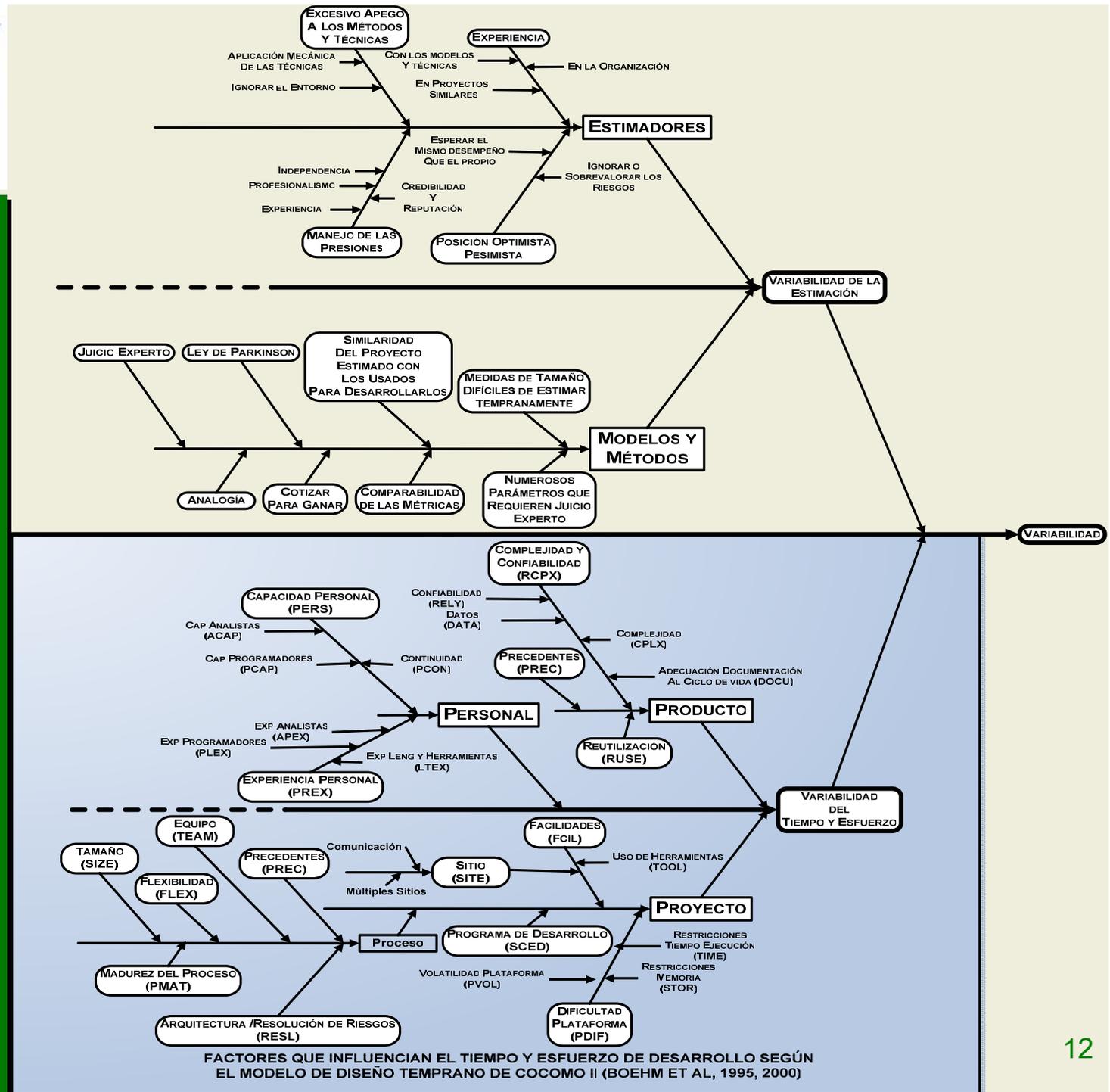
PIRÁMIDE METODOLÓGICA



Algunas Fuentes de Variabilidad

- Tecnología
- Metodología
- Métricas no automáticas
- Grupos de Desarrollo (no comprendemos sus procesos internos)
- Producto intangible
- Procesos repetibles raros
- Proyectos replicables pero no repetibles
- Modelos de Estimación
- Estimadores

LA
 VARIABILIDAD
 DE
 LOS
 PROCESOS
 DE
 ESTIMACIÓN
 Y
 CONSTRUCCIÓN

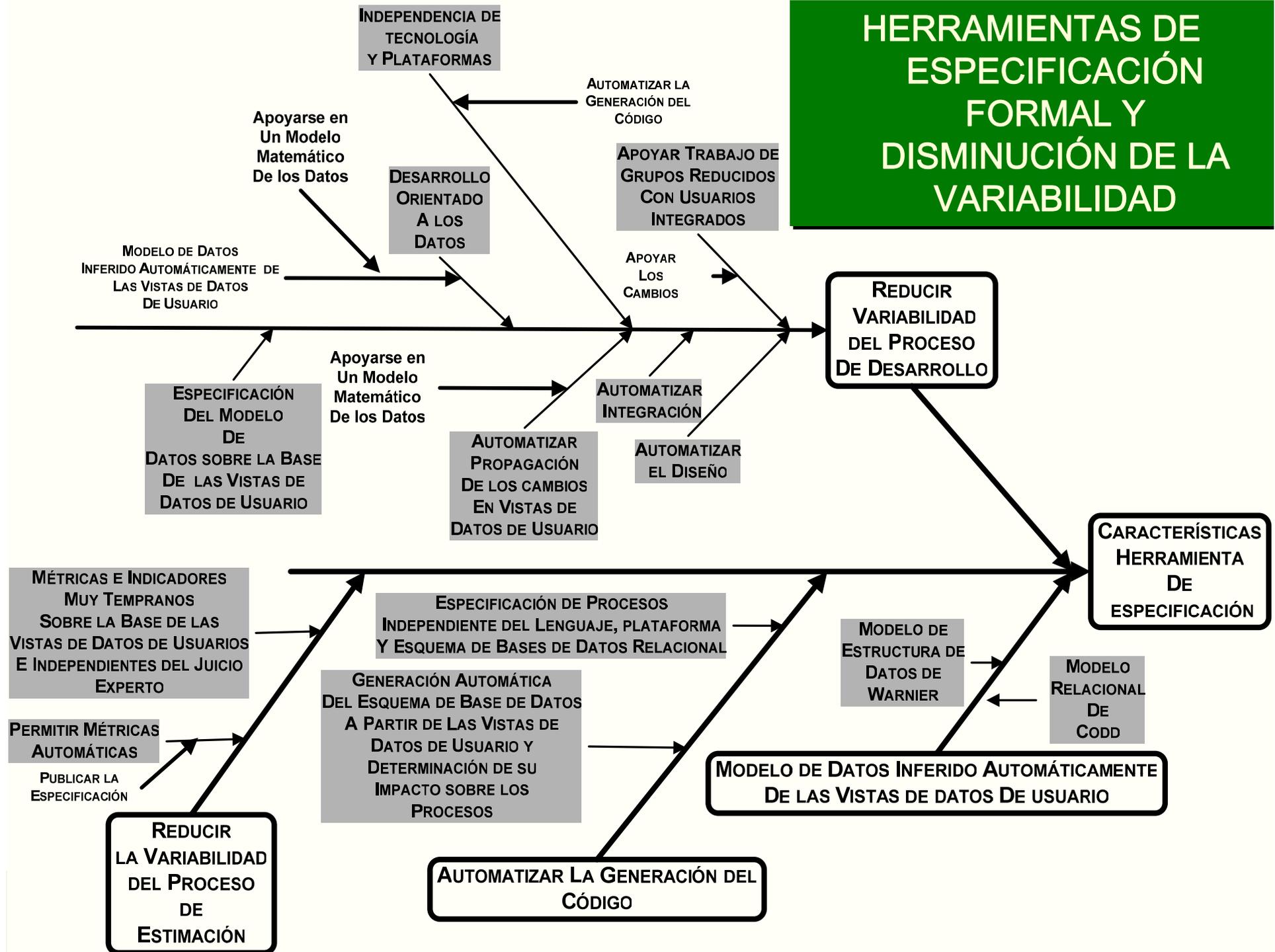


DISMINUIR LA VARIABILIDAD

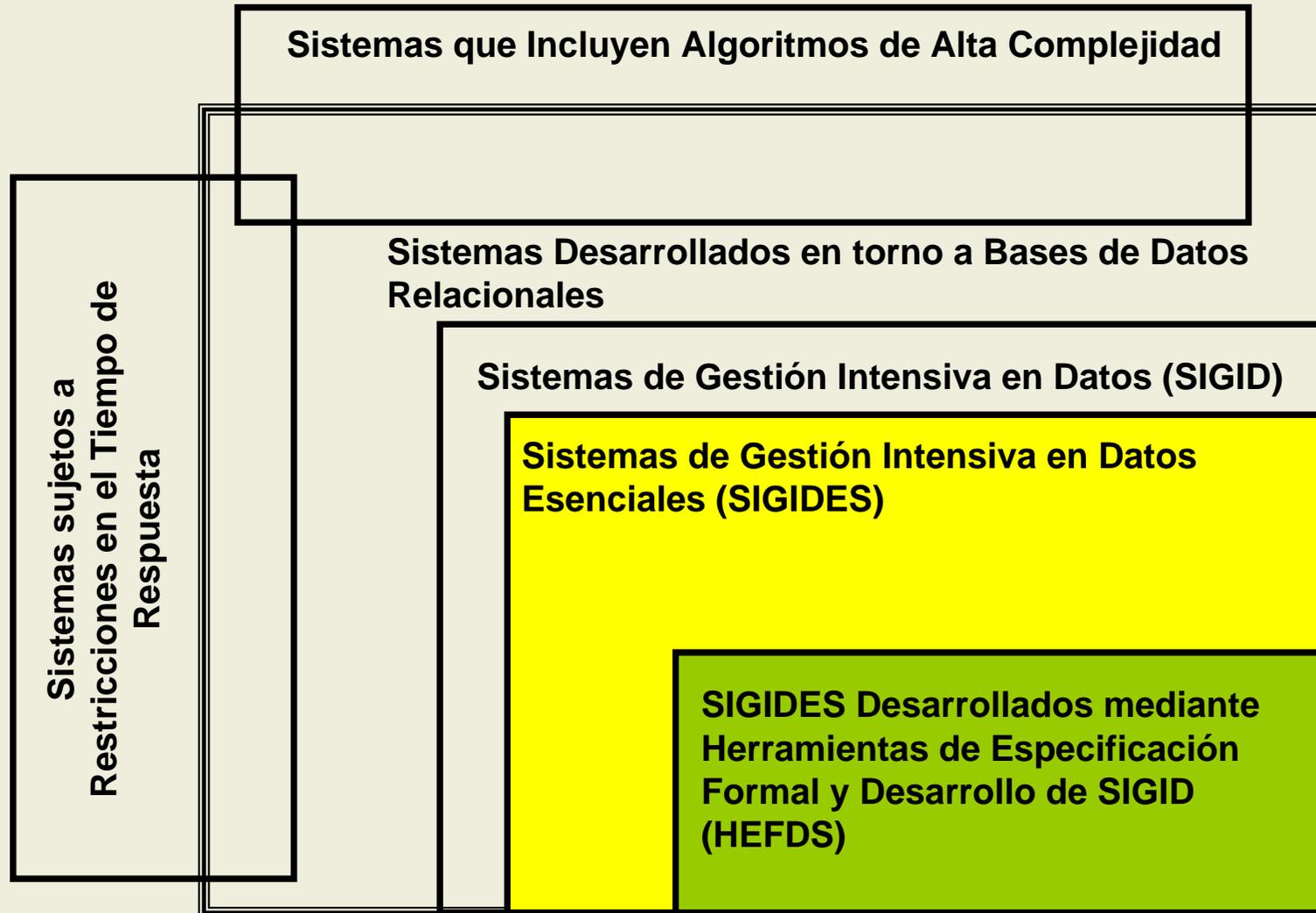
¿O DEBEMOS DECIR LA VARIEDAD
Y DIVERSIDAD?



HERRAMIENTAS DE ESPECIFICACIÓN FORMAL Y DISMINUCIÓN DE LA VARIABILIDAD

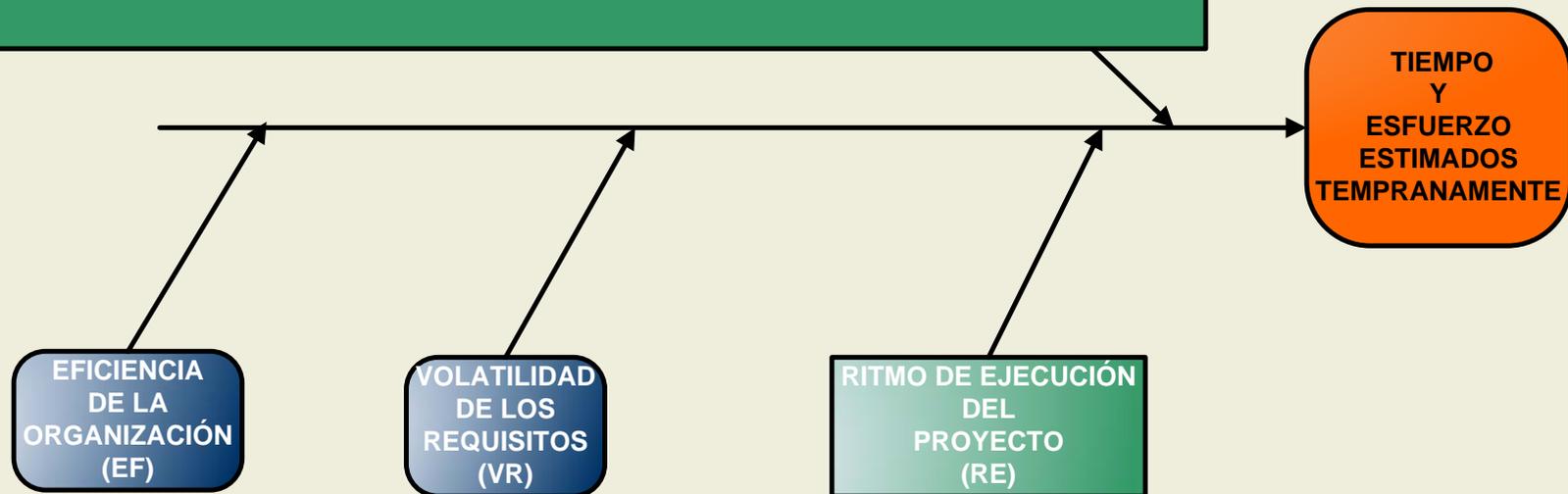


Alcance de la Investigación y Ámbito de Aplicación de sus Resultados



LOS MODELOS DE ESTIMACIÓN A CONSTRUIR

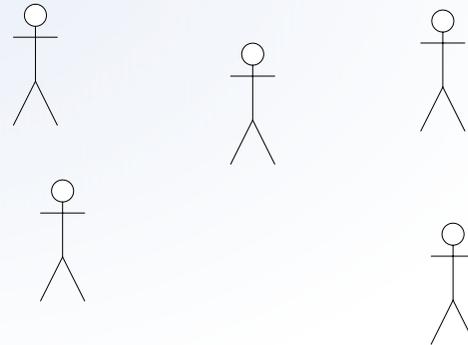
**COMPLEJIDAD ESENCIAL DEL SISTEMA
A CONSTRUIR
(CES)**



NUESTRAS HIPÓTESIS DE TRABAJO INICIALES

COMPLEJIDAD ESENCIAL DEL SISTEMA A CONSTRUIR

Vistas de Datos de los Usuarios Finales



EFICIENCIA
DE LA
ORGANIZACIÓN
(EF)

VOLATILIDAD
DE LOS
REQUISITOS
(VR)

ESFUERZO MEDIO
INICIAL
DEL PROYECTO
(EMI)

TIEMPO
Y
ESFUERZO
ESTIMADOS
TEMPRANAMENTE

NUESTRAS HIPÓTESIS DE TRABAJO INICIALES

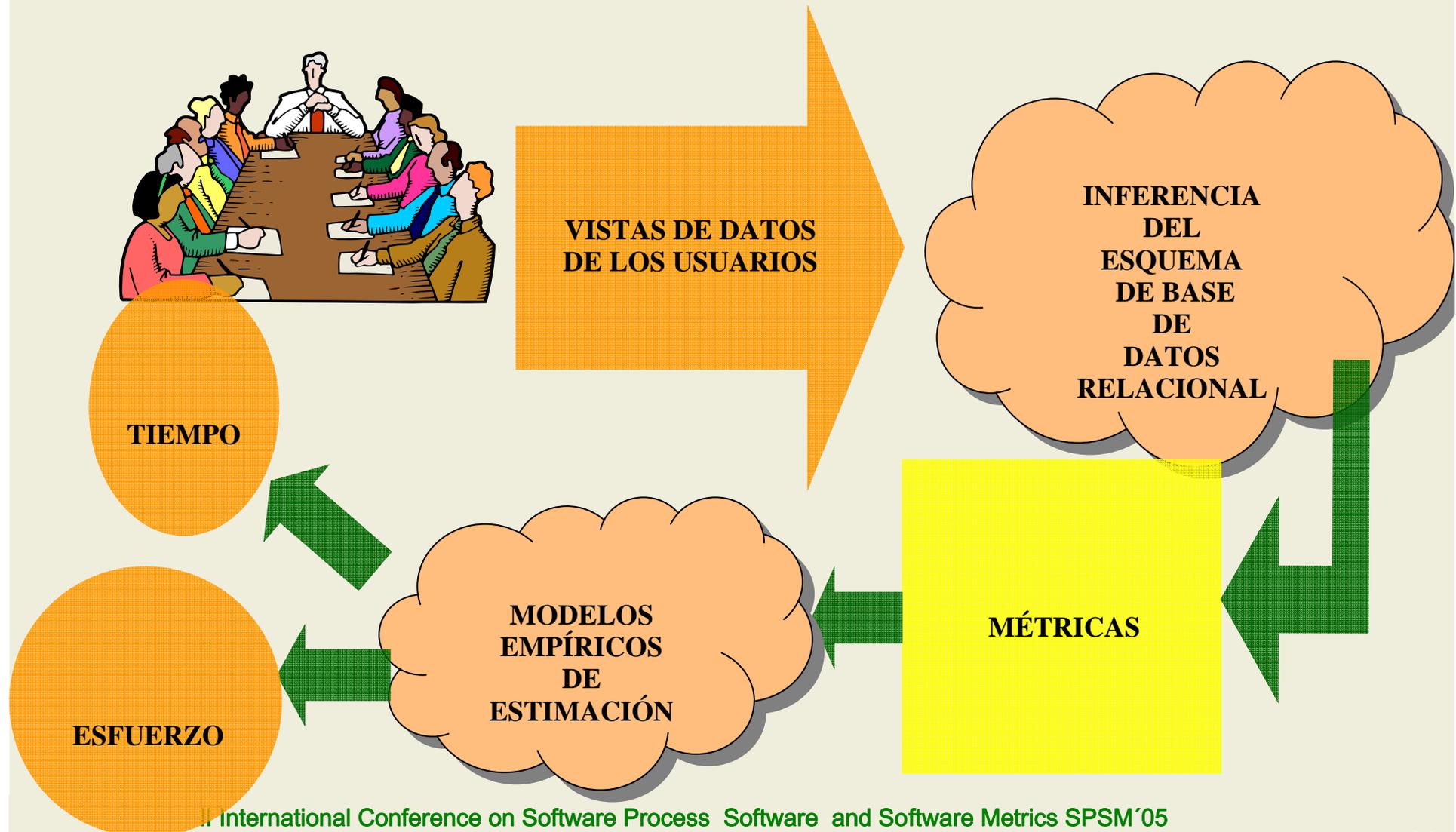


VISTAS DE DATOS
DE LOS USUARIOS

MÉTRICAS

MODELOS
DE
ESTIMACION

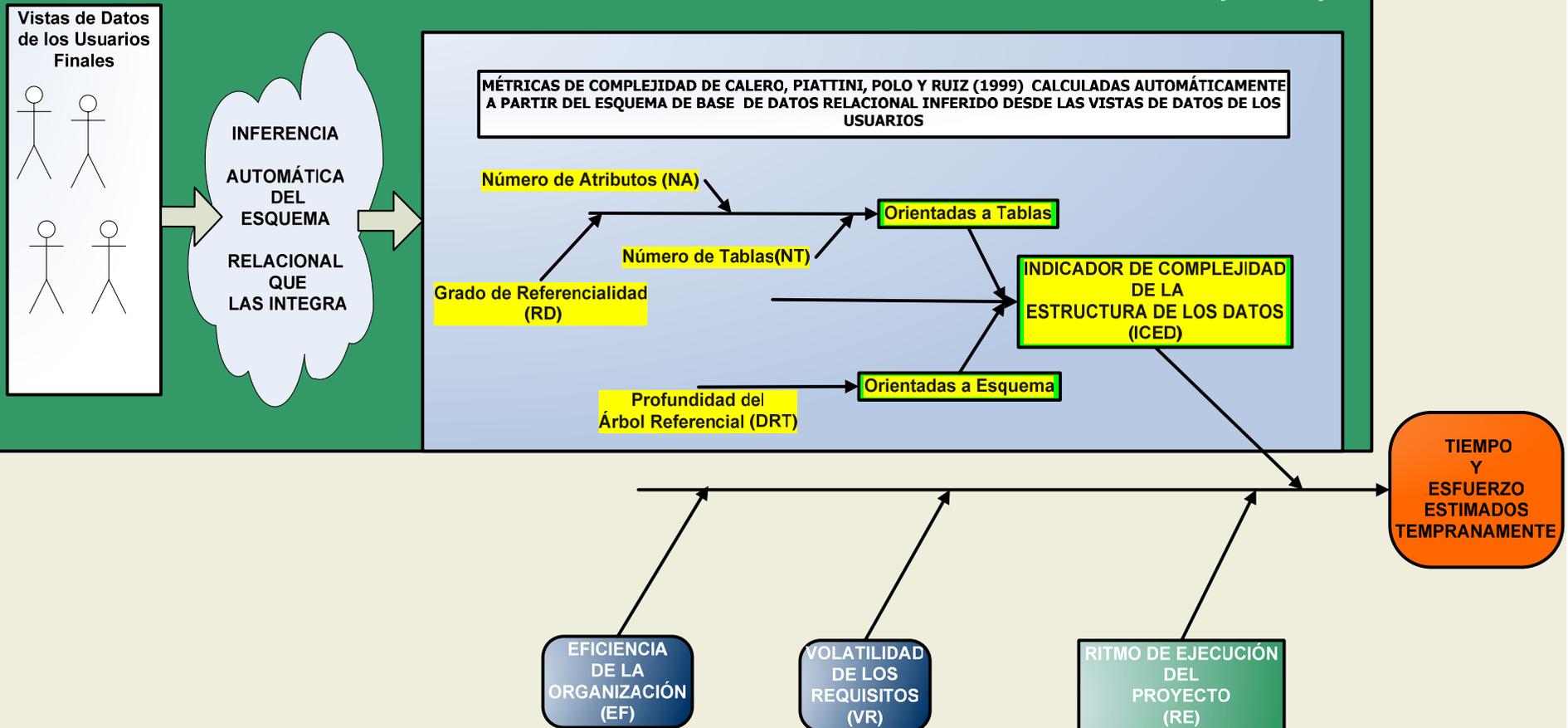
NUESTRAS HIPÓTESIS DE TRABAJO REVISADAS



MODELOS DE ESTIMACIÓN MUY TEMPRANA DEL TIEMPO Y ESFUERZO DE DESARROLLO

MODELO CONCEPTUAL

COMPLEJIDAD ESENCIAL DEL SISTEMA A CONSTRUIR (CES)



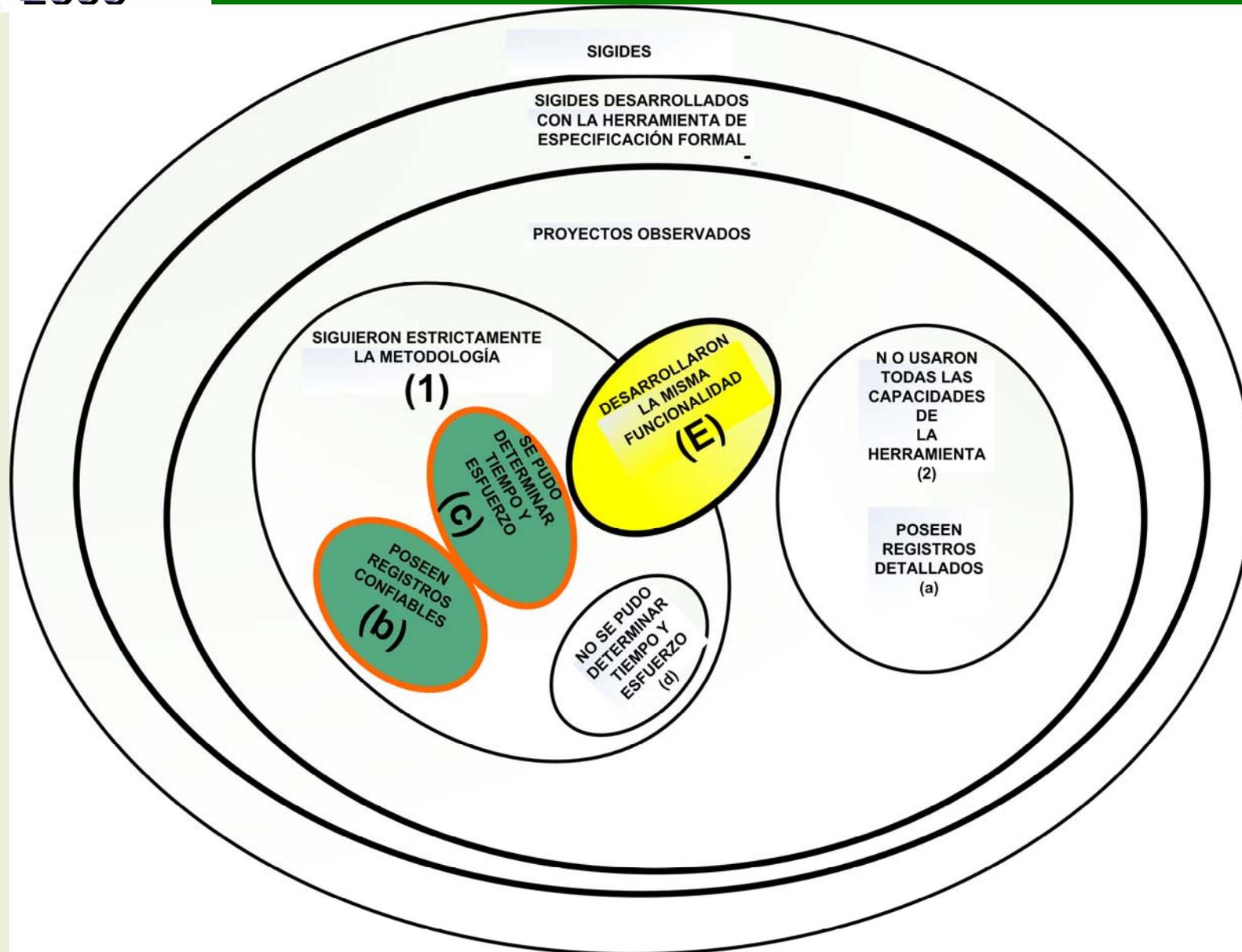
La Complejidad Esencial

Si las vistas de datos de los usuarios contienen información sobre la complejidad del sistema de información a desarrollar

¿Qué semántica tiene?

- Información Potencial de los Datos del Sistema
- Complejidad de la Estructura de los Datos del Sistema
- Expresividad de los Datos del Sistema
- Complejidad Cognitiva de la Estructura de los Datos del Sistema

LOS PROYECTOS OBSERVADOS



ESTIMACIÓN DE ESFUERZO

TEMPRANA

$$ESFUERZO = 0,01 \text{ EMI}^{0,235} \text{ VR}^{0,512} \text{ DRT}^{-2,234} \text{ RD}^{-0,077} \text{ NA}^{1,951} \text{ NT}^{-0,516}$$

INDICADOR DE COMPLEJIDAD DE LA ESTRUCTURA DE LOS DATOS

$$ICEDE = \text{DRT}^{-2,234} \text{ RD}^{-0,077} \text{ NA}^{1,951} \text{ NT}^{-0,516}$$

$$ESFUERZO = 0,01 \text{ EMI}^{0,235} \text{ VR}^{0,512} \text{ ICEDE} \quad (\text{METEICEDE})$$

POST MORTEM

$$ESFUERZO = 0,015 \text{ EMI}^{0,306} \text{ VR}^{0,61} \text{ FOR}^{-0,003} \text{ IF}^{-0,146} \quad (\text{MEPMEICEDE})$$

$$\text{FORAN}^{0,048} \text{ IFAN}^{0,084} \text{ ICEDE}^{0,939}$$

ESTIMACIÓN DE TIEMPO

TEMPRANA

$$\text{TIEMPO} = 0,014 \text{ EMI}^{-0,322} \text{ VR}^{0,372} \text{ DRT}^{-2,467} \text{ RD}^{-0,209} \text{ NA}^{1,84} \text{ NT}^{-0,271}$$

INDICADOR DE COMPLEJIDAD DE LA ESTRUCTURA DE LOS DATOS

$$\text{ICEDT} = \text{DRT}^{-2,467} \text{ RD}^{-0,209} \text{ NA}^{1,84} \text{ NT}^{-0,271}$$

$$\text{TIEMPO} = 0,014 \text{ EMI}^{-0,322} \text{ VR}^{0,372} \text{ ICEDT} \quad (\text{METTICEDT})$$

POST MORTEM

$$\text{TIEMPO} = 0,017 \text{ EMI}^{-0,374} \text{ VR}^{0,351} \text{ FOR}^{0,005} \text{ IF}^{0,009} \quad (\text{MEPMTICEDT})$$

$$\text{FORAN}^{0,047} \text{ IFAN}^{-0,032} \text{ ICEDT}^{0,964}$$

OTROS MODELOS

TEMPRANOS

$$ESFUERZO = 0,007 \text{ EMI}^{0,68} \text{ VR}^{0,668} \text{ ICEDT}^{0,963} \quad (\text{METEICEDT})$$

$$TIEMPO = 0,021 \text{ EMI}^{-0,778} \text{ VR}^{0,216} \text{ ICEDE}^{1,022} \quad (\text{METTICEDE})$$

POST MORTEM

$$ESFUERZO = 0,016 \text{ EMI}^{0,598} \text{ VR}^{0,736} \text{ FOR}^{0,178} \text{ IF}^{-0,187} \quad (\text{MEPMEICEDT})$$

$$\text{FORAN}^{-0,039} \text{ IFAN}^{0,07} \text{ ICEDT}^{0,815}$$

$$TIEMPO = 0,016 \text{ EMI}^{-0,72} \text{ VR}^{0,204} \text{ FOR}^{-0,207} \text{ IF}^{0,056} \quad (\text{MEPMTICEDE})$$

$$\text{FORAN}^{0,151} \text{ IFAN}^{-0,017} \text{ ICEDE}^{1,108}$$

CONCLUSIONES

- Se definieron dos ICES (indicadores de complejidad esencial para SIGIDES (Sistema de Información de Gestión Intensiva de Datos Esencial a partir de la participación de las métricas de complejidad para bases de datos relacionales propuestas por el grupo ALARCOS (2000), en modelos de estimación muy temprana de esfuerzo
- Las métricas de complejidad de bases de datos relacionales en que se basan estos indicadores
 - fueron obtenidas automáticamente a partir de las vistas de los datos del sistema que tienen los usuarios finales son muy tempranas
 - no contienen información relacionada con detalles de diseño, elementos que a criterio de los diseñadores y/o ingenieros de software pudieran ser importantes, consideraciones relacionadas con la tecnología, e incluso la forma en que los usuarios finales visualizan los datos excepto el hecho de que los datos van a ser procesados mediante un sistema de gestión de bases de datos relacionales
 - no requieren juicio experto
 - son independientes del conjunto de visiones de datos de usuario del que se parta (VDUS, Definición 4).
- A partir de estos indicadores se definieron modelos tempranos de estimación de tiempo y esfuerzo independientes del juicio experto
- Con un 99% de confianza, se puede afirmar que las diferencias entre las observaciones, las estimaciones tempranas y las estimaciones post mortem pueden atribuirse al azar.

LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

- Desarrollo de modelos de estimación para SIGIDES desarrollados con herramientas y metodologías distintas de las que se usaron en los sistemas observados. Para esto sería muy importante que el ISBSG comenzar a recoger las métricas usadas por estos modelos.
- Desarrollo de Modelos detallados
- Modelos Formales de Estimación de Riesgo

Sus Preguntas

Evaluación de los modelos de Estimación de Esfuerzo

Los Proyectos Observados y sus Estimaciones

num	MÉTRICAS TEMPRANAS								INDICADORES TEMPRANOS DE COMPLEJIDAD	MÉTRICAS POST MORTEM		ESTIMACIONES TEMPRANAS				ESTIMACIONES POST MORTEM			
	EMI	VR	MÉTRICAS DE COMPLEJIDAD DE BASES DE DATOS RELACIONALES GRUPO ALARCOS				VDU	ESFUERZO		TIEMPO	TIEMPO		ESFUERZO		TIEMPO		ESFUERZO		
			DRT	RD	NA	NT					ICEDE	ICEDT	ICEDE	ICEDT	ICEDE	ICEDT	ICEDE	ICEDT	
1	3	20	3	114	542	85	90	1.301	796	70	25	26	23,8	78,1	67,9	23,9	23,9	69,9	70,1
2	4	20	1	4	29	6	11	254	226	14	6	3,92	6,17	16,3	24,6	4,29	6,25	13,2	18,3
3	3	10	3	6	120	9	10	274	169	12	4	4,56	3,91	11,5	9,61	4,03	3,89	12,1	11,8
4	3	30	5	97	535	85	122	410	228	26	7	8,72	7,94	30,3	26,7	8,95	8,18	30,5	28,4
5	2	10	1	3	25	10	8	150	159	5	4	3,36	4,19	5,72	6,88	4,09	4,3	4,89	5,14
6	6	10	8	284	1.042	195	298	316	155	17	3	3,07	2,88	15,7	14,2	2,92	3,03	14,6	15
7	6	30	5	33	259	24	21	208	106	15	3	2,54	2,95	18,1	20,5	2,84	2,88	15,4	15,7
8	6	20	6	258	842	136	164	481	240	42	7	5,48	5,76	34	34,3	5,53	5,95	34,8	37,2
9	2	20	4	13	123	35	26	71	51	4	2	1,82	1,75	3,86	3,67	1,76	1,83	3,97	4,12
10	8	20	6	103	489	40	59	336	149	20	3	3,04	3,26	25,4	26,4	5,93	2,95	16,4	9,07
11	4	10	5	75	329	69	62	180	104	7	2	2,38	2,19	8,12	7,33	2,14	2,29	7,65	8,15
12	5	30	6	100	948	115	410	711	381	67	10	10,3	11,3	59,2	62,1	10,2	11	69,8	74,7
13	3	30	5	32	182	27	5	98	54	7	2	2,03	1,88	7,27	6,67	2,06	2,01	7,06	6,98
14	2	10	1	4	23	6	5	162	148	7	4	3,64	3,89	6,19	6,4	3,71	3,77	6,83	6,96
15	5	30	4	111	588	74	97	863	475	61	11	12,5	14	71,9	76,6	12,9	12,9	74,6	74,7
16	4	30	4	25	136	14	13	131	69	10	2	2,18	2,18	10,4	10,3	3,4	1,91	10,5	6,45
17	6	10	4	94	666	65	76	1.192	640	61	11	11,9	11,9	59	55,5	12,5	10,7	53,4	46,5
18	2	30	3	13	79	17	14	82	56	6	2	2,32	2,22	5,53	5,25	1,98	2,07	5,79	6,03
19	4	10	3	17	111	17	18	157	99	7	2	2,06	2,09	7,05	6,99	2,12	2,04	7,64	7,43
20	1	30	1	1	44	8	7	550	601	31	31	27,7	29,8	31,4	32,2	29	30,3	31,1	32,5

TALLERES

1	4	16	66	16	14	31	19
2	3	20	60	18	14	45	30
3	3	16	66	16	15	59	39
4	3	16	69	16	14	64	43
5	3	20	75	19	13	68	45
6	3	16	61	16	14	50	34
7	3	14	50	14	11	37	25
8	3	17	73	18	16	67	45
9	3	14	61	14	12	55	36

Gráfico de Dispersión de Esfuerzo vs. sus Estimaciones

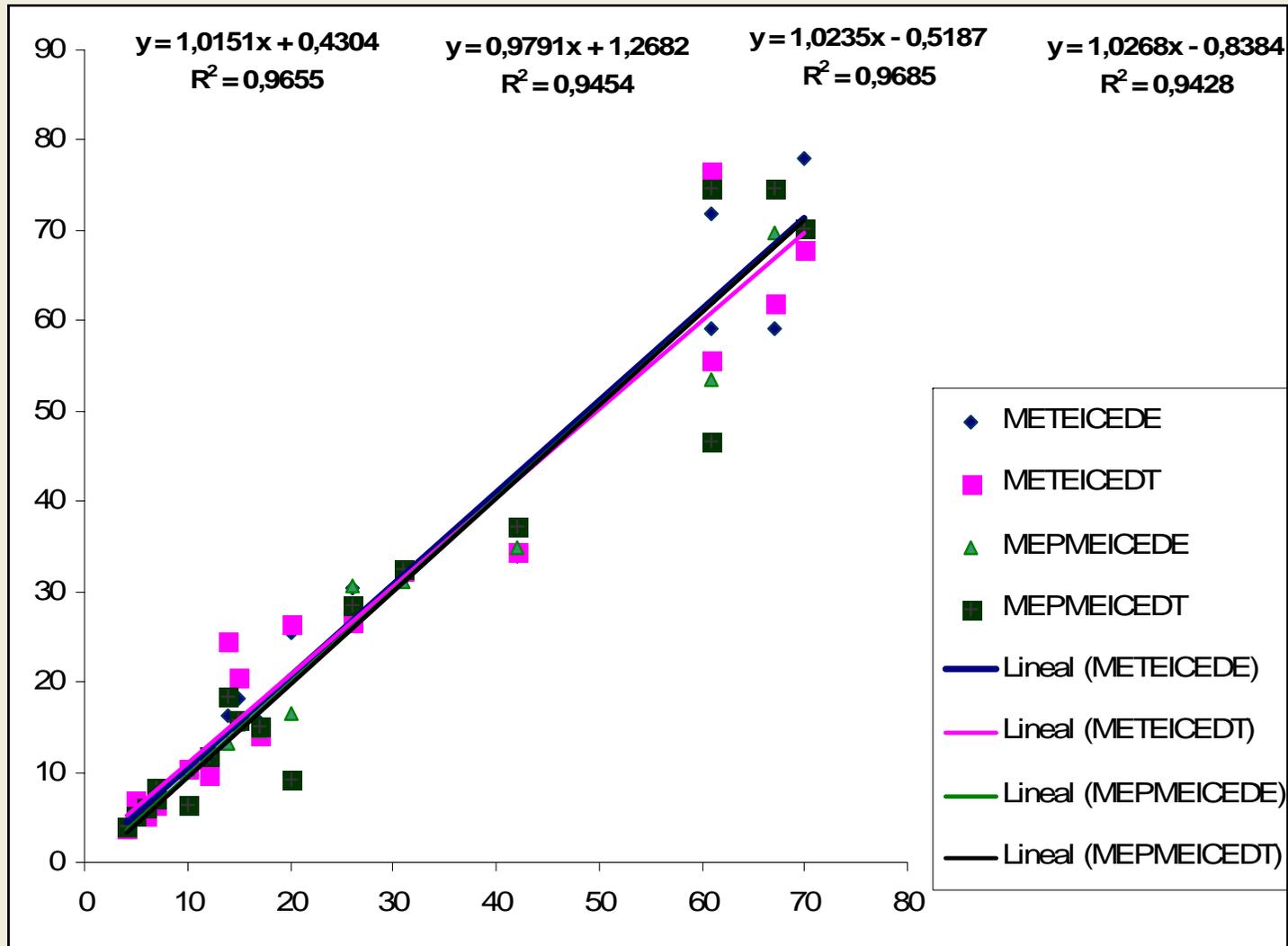


Gráfico de Caja de Esfuerzo vs. sus Estimaciones

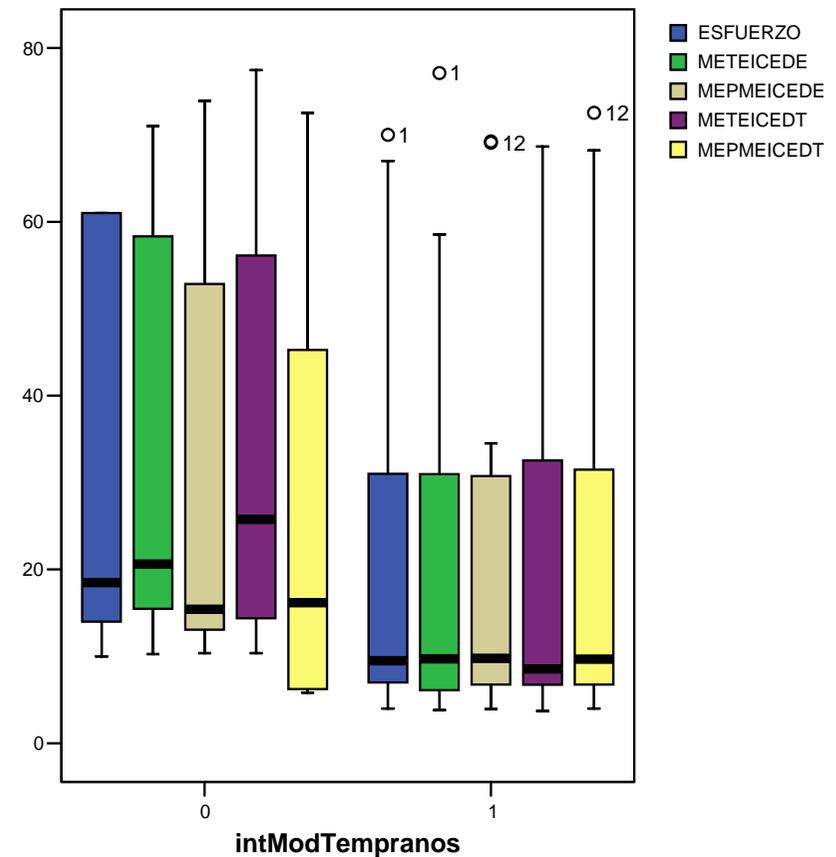
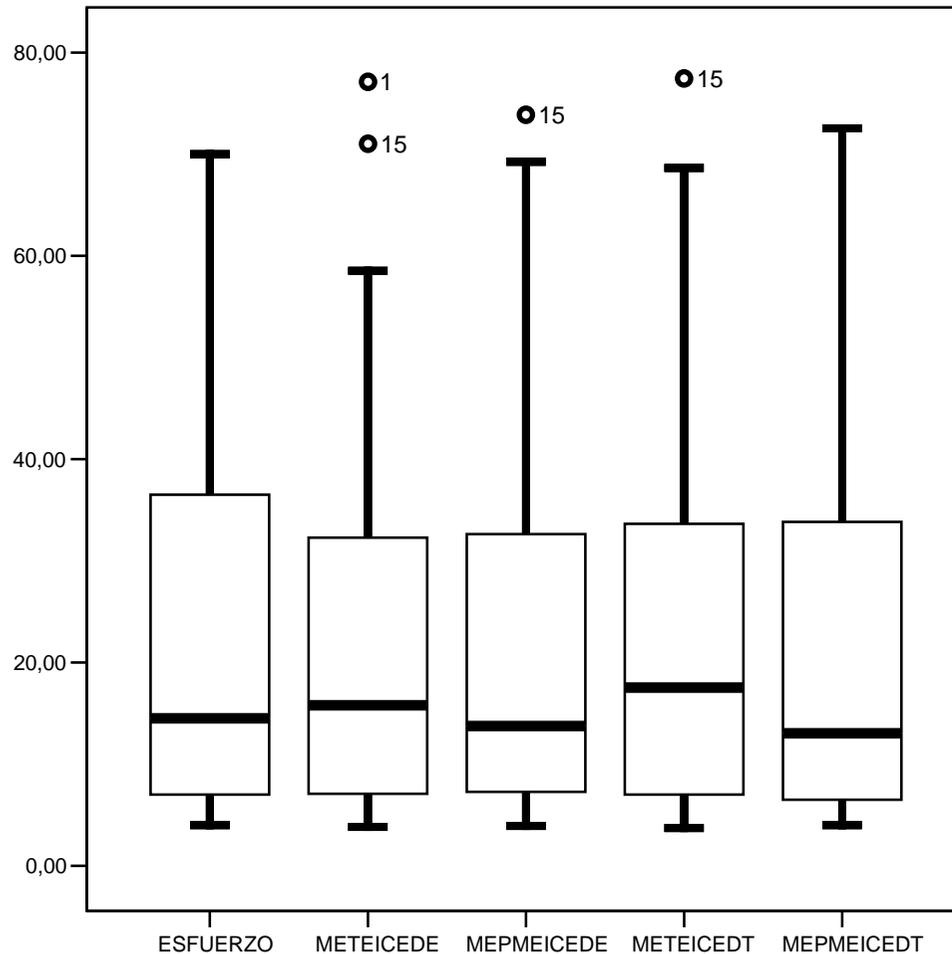


Gráfico de Barras de Esfuerzo vs. sus Estimaciones

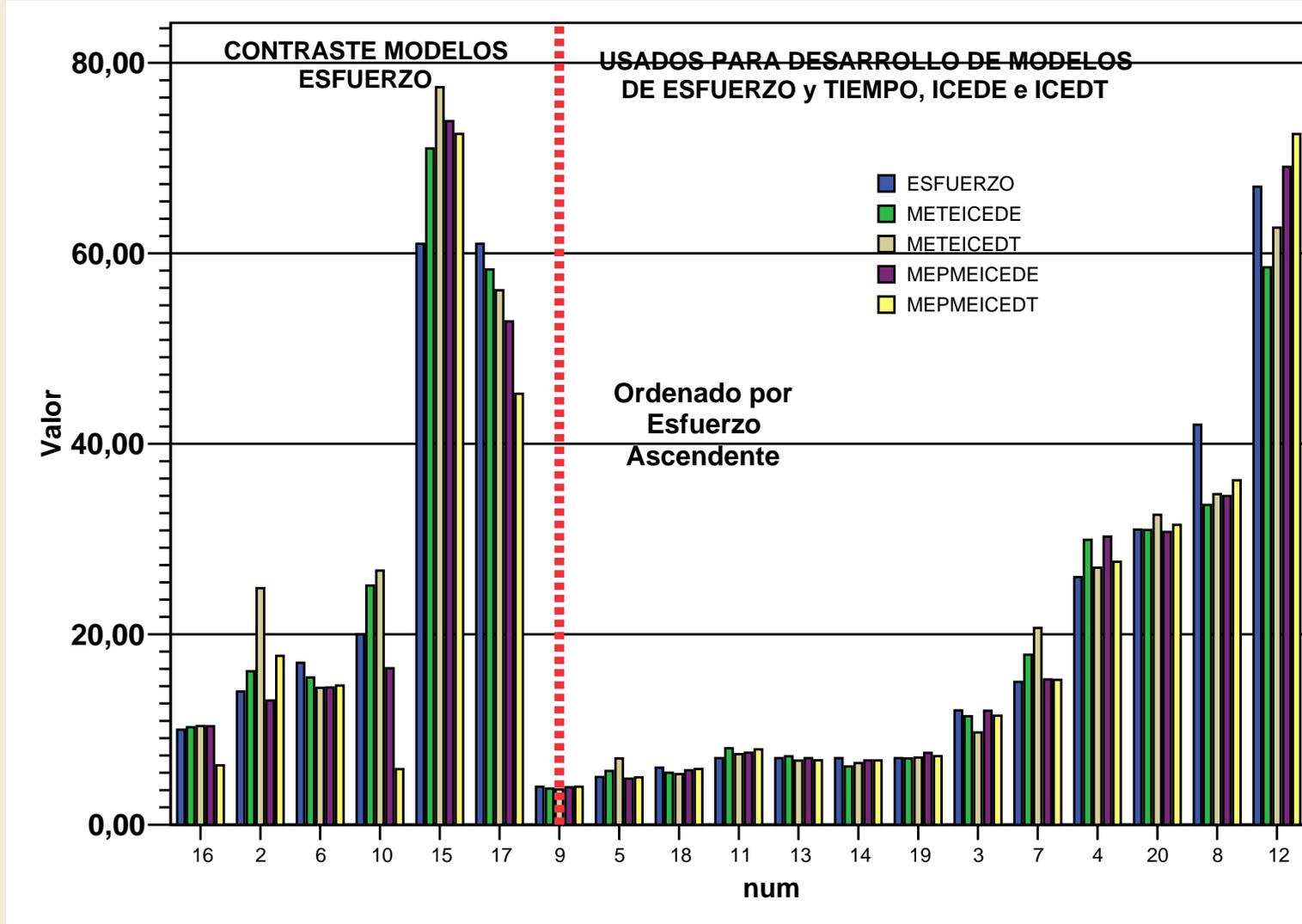
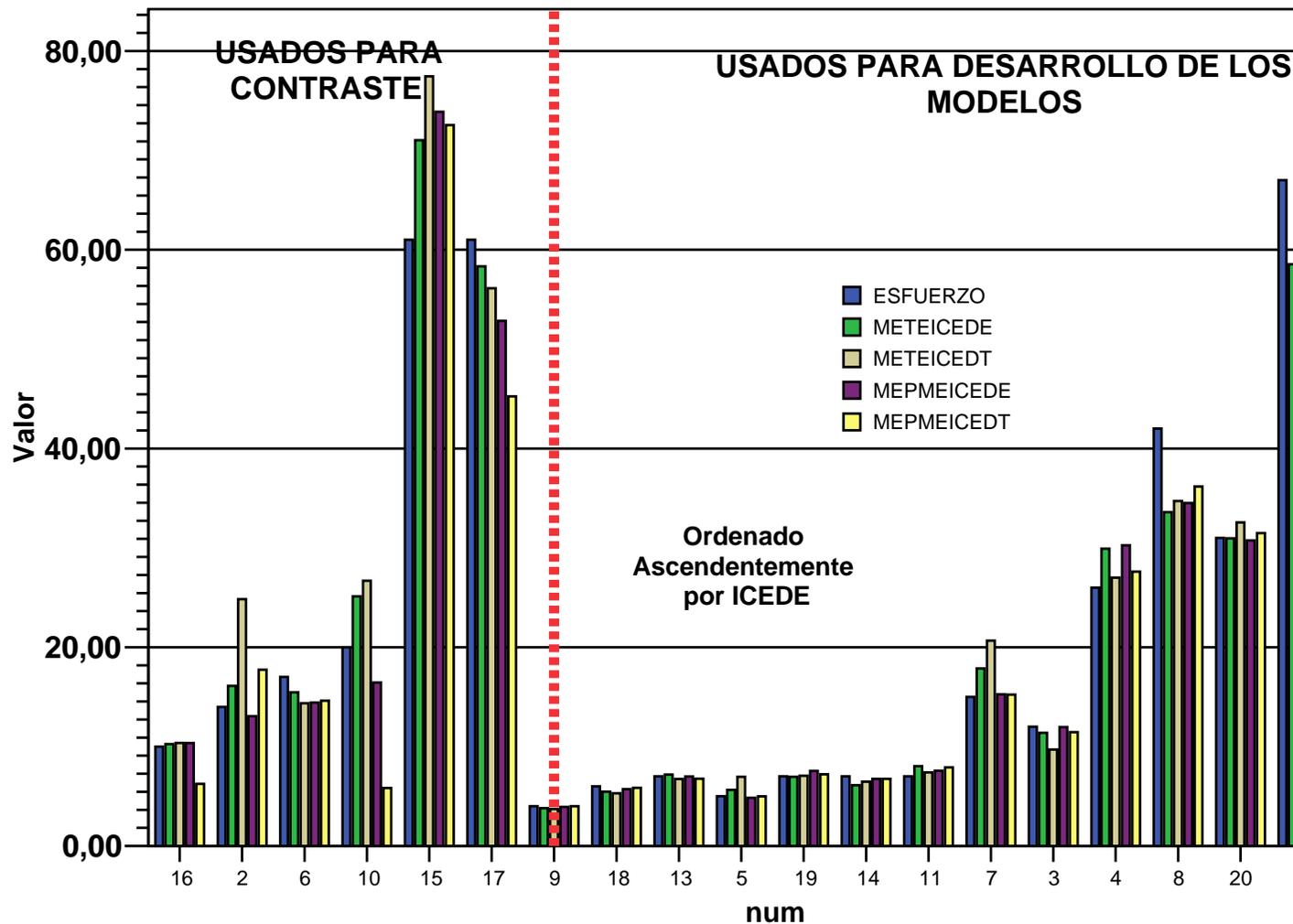


Gráfico de Barras de Esfuerzo vs. sus Estimaciones

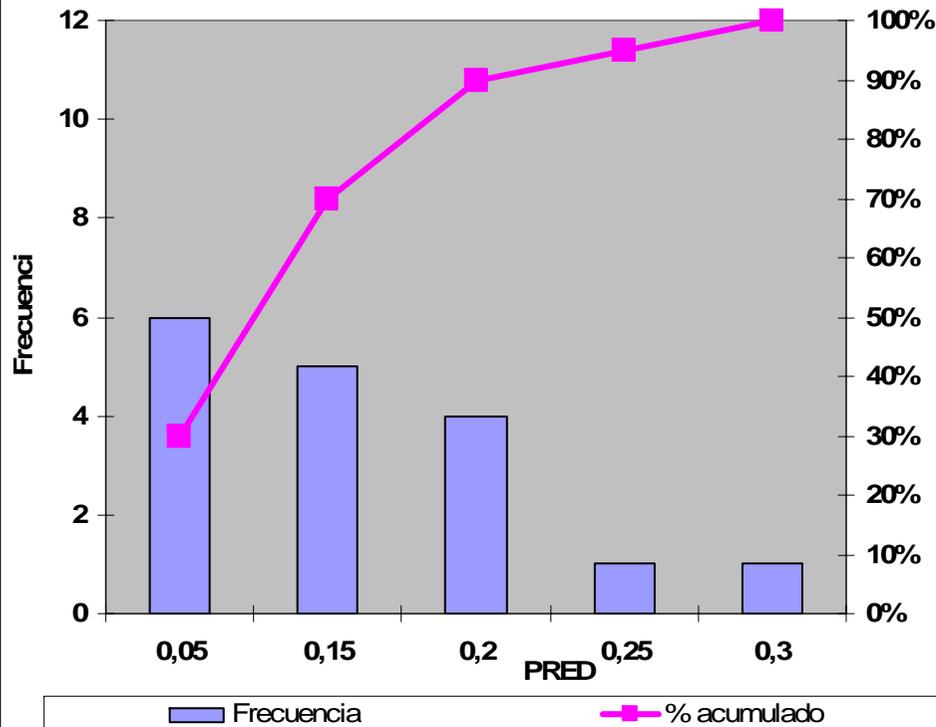


Correlaciones entre Esfuerzo y sus Estimaciones

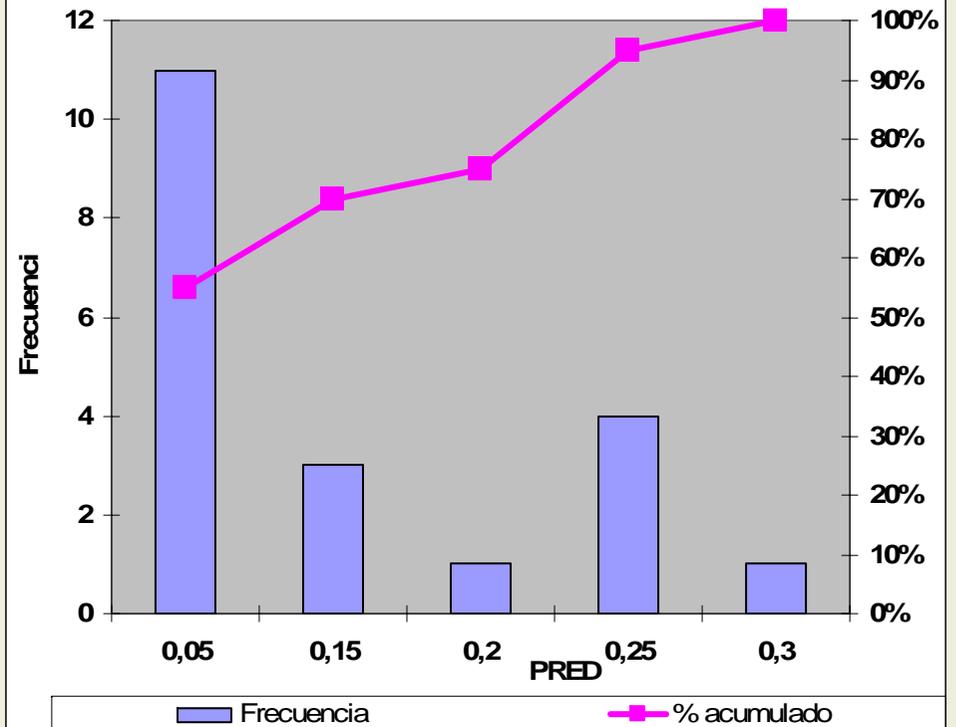
		ESFUERZO			METEICEDE			METEICEDT			MEPMEICEDE			MEPMEICEDT		
		Todos los Casos	Seleccionados	No Seleccionados	Todos los Casos	Seleccionados	No Seleccionados	Todos los Casos	Seleccionados	No Seleccionados	Todos los Casos	Seleccionados	No Seleccionados	Todos los Casos	Seleccionados	No Seleccionados
ESFUERZO	Correlación de Pearson	1,000	1,000	1,000	0,983	0,984	0,984	0,972	0,992	0,950	0,984	0,994	0,966	0,968	0,995	0,920
	Sig. (bilateral)				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,009
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6
METEICEDE	Correlación de Pearson	0,983	0,984	0,984	1,000	1,000	1,000	0,989	0,992	0,986	0,986	0,986	0,988	0,961	0,978	0,946
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6
METEICEDT	Correlación de Pearson	0,972	0,992	0,950	0,989	0,992	0,986	1,000	1,000	1,000	0,984	0,994	0,982	0,967	0,992	0,962
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000				0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6
MEPMEICEDE	Correlación de Pearson	0,984	0,994	0,966	0,986	0,986	0,988	0,984	0,994	0,982	1,000	1,000	1,000	0,990	0,998	0,979
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001				0,000	0,000	0,001
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6
MEPMEICEDT	Correlación de Pearson	0,968	0,995	0,920	0,961	0,978	0,946	0,967	0,992	0,962	0,990	0,998	0,979	1,000	1,000	1,000
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001			
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6

Error Relativo Medio

**MRE Estimación Temprana de Esfuerzo ICEDE
 METEICEDE (Todos los Casos)**

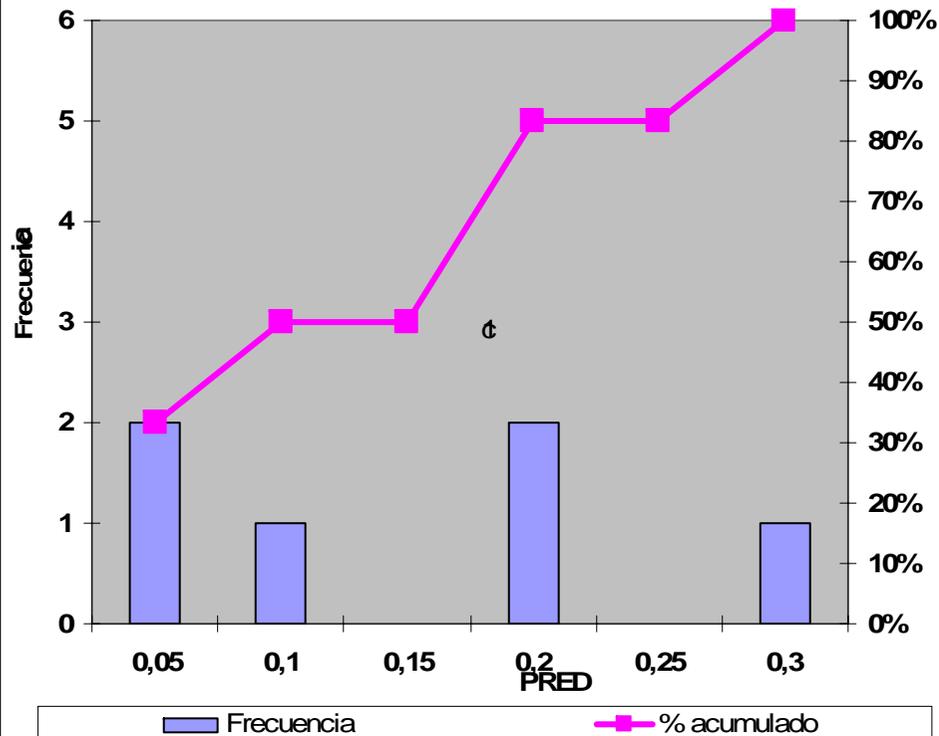


**MRE Estimación Post Mortem de Esfuerzo
 ICEDE MEPMEICEDE (Todos los Casos)**

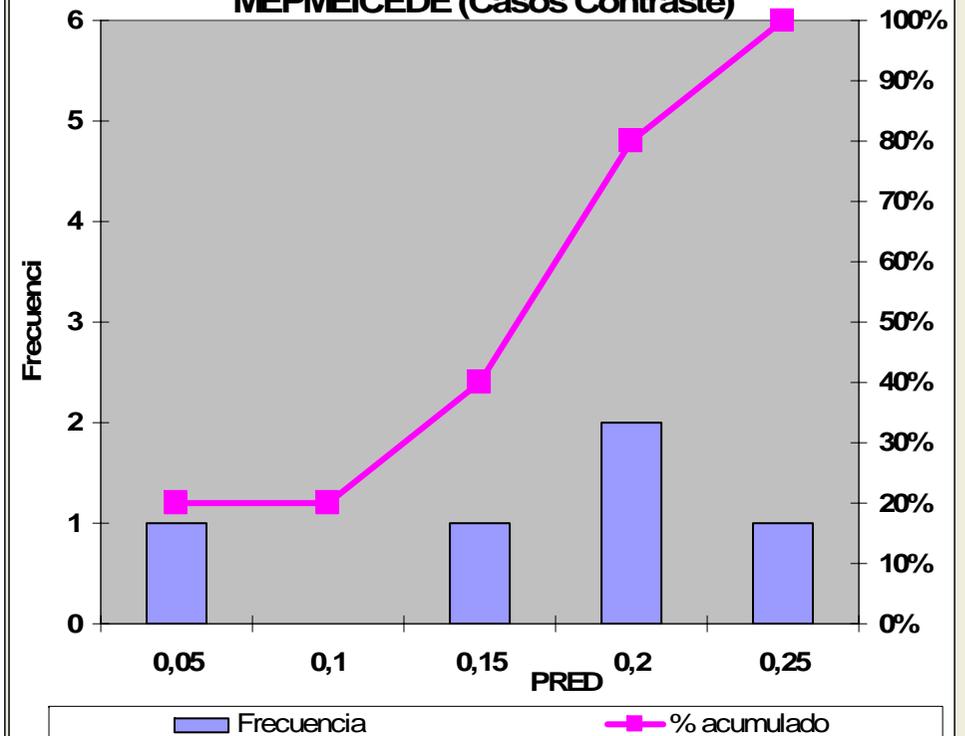


Error Relativo Medio

**MRE Estimación Temprana de Esfuerzo ICEDE
 METEICEDE (Casos Contraste)**



**MRE Estimación Post Mortem de Esfuerzo
 ICEDE
 MEPMEICEDE (Casos Contraste)**



CRITERIOS DE CONTE ET AL (1986)

$$RE = \frac{\text{Valor Observado} - \text{Valor Estimado}}{\text{Valor Observado}}$$

$$MRE = \frac{\sum |RE|}{N}$$

$$PRED(K) = \frac{\text{Número de Predicciones con } |RE| < K}{\text{Número total de observaciones}}$$

Calificación	Consistencia	Precisión
Excelente	MMRE <= 0.20	PRED(20) >= 0.80
Bueno	MMRE <= 0.25	PRED(25) >= 0.75
Aceptable	MMRE <= 0.30	PRED(30) >= 0.70
Pobre	MMRE > 0.30	PRED(30) < 0.70

- Conte, Samuel D., H. E. Dunsmore, and Vincent Y. Shen. 1986. Software engineering metrics and models. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings.

Según los Criterios de Conte el al (1986)

TODOS LOS CASOS

CAL CONTE	MODELO	MIN	MAX	MMRE	MEDIANA	DESV EST	R2	PRED																		
								5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80			
EX	METEICEDE	0,13%	25,61%	10,62%	11,39%	7,03%	0,966	6	3	5	4	1	1													
								30%	45%	70%	90%	95%	100%													
EX	MEPMEICEDE	0,10%	21,12%	7,42%	4,13%	6,90%	0,968	11	3	1	4	1														
								55%	70%	75%	95%	100%														
B	METEICEDT	0,91%	77,47%	16,62%	7,76%	18,70%	0,945	6	5	1	3	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1			
								30%	55%	60%	75%	75%	80%	85%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	100%			
EX	MEPMEICEDT	0,09%	70,83%	12,90%	5,40%	17,12%	0,943	10	2	3	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1			
								50%	60%	75%	80%	80%	90%	90%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	100%			

CASOS DE CONTRASTE

CAL CONTE	MODELO	MIN	MAX	MMRE	MEDIANA	DESV EST	R2	PRED																		
								5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80			
EX	METEICEDE	2,54%	25,61%	12,18%	12,06%	8,61%	0,968	2	1	0	2	0	1													
								33%	50%	50%	83%	83%	100%													
EX	MEPMEICEDE	3,62%	21,12%	12,97%	14,26%	6,65%	0,934	1	0	1	2	1														
								20%	20%	40%	80%	100%														
P	METEICEDT	3,65%	77,47%	27,50%	21,22%	26,93%	0,902	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
								17%	33%	33%	50%	50%	67%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	100%			
P	MEPMEICEDT	14,01%	70,83%	32,30%	26,23%	20,49%	0,857	0	0	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1			
								0%	0%	17%	33%	33%	67%	67%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	100%			

Validación Empírica

Correlaciones de muestras relacionadas (todos los casos)

	N	Correlación	Sig.
Par 1 ESFUERZO y METEICEDE	20	,983 ^a	,000 ^b
Par 2 ESFUERZO y METEICEDT	20	,972 ^a	,000 ^b
Par 3 ESFUERZO y MEPMEICEDE	20	,984 ^a	,000 ^b
Par 4 ESFUERZO y MEPMEICEDT	20	,968 ^a	,000 ^b
Par 5 METEICEDE y MEPMEICEDE	20	,986 ^a	,000 ^b
Par 6 METEICEDT y MEPMEICEDT	20	,967 ^a	,000 ^b
Par 7 eaMETEICEDE y eaMEPMEICEDE	20	,567	,009
Par 8 eaMETEICEDT y eaMEPMEICEDT	20	,433	,056
Par 9 erMETEICEDE y erMEPMEICEDE	20	,335	,149
Par 10 erMETEICEDT y erMEPMEICEDT	20	,172	,469
Par 11 VAerMETEICEDE y VAerMEPMEICEDE	20	,524	,018
Par 12 VAerMETEICEDT y VAerMEPMEICEDT	20	,304	,193

a. La correlación es alta

b. La significación es baja

Correlaciones de muestras relacionadas (Casos no seleccionados)

	N	Correlación	Sig.
Par 1 ESFUERZO y METEICEDE	6	,984 ^a	,000 ^b
Par 2 ESFUERZO y METEICEDT	6	,950 ^a	,004 ^b
Par 3 ESFUERZO y MEPMEICEDE	6	,966 ^a	,002 ^b
Par 4 ESFUERZO y MEPMEICEDT	6	,920 ^a	,009 ^b
Par 5 METEICEDE y MEPMEICEDE	6	,988 ^a	,000 ^b
Par 6 METEICEDT y MEPMEICEDT	6	,962 ^a	,002 ^b
Par 7 eaMETEICEDE y eaMEPMEICEDE	6	,831 ^a	,040 ^b
Par 8 eaMETEICEDT y eaMEPMEICEDT	6	,718 ^a	,108
Par 9 erMETEICEDE y erMEPMEICEDE	6	,213	,685
Par 10 erMETEICEDT y erMEPMEICEDT	6	,405	,426
Par 11 VAerMETEICEDE y VAerMEPMEICEDE	6	,564	,244
Par 12 VAerMETEICEDT y VAerMEPMEICEDT	6	,063	,906

a. La correlación es alta

b. La significación es < 0,05

Validación Empírica

Prueba de muestras relacionadas para todos los casos

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	99% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	ESFUERZO - METEICEDE	-,494	4,325	,967	-3,261 ^a	2,272 ^a	-,511 ^b	19 ^b	,62 ^c
Par 2	ESFUERZO - METEICEDT	-1,025	5,438	1,216	-4,503 ^a	2,454 ^a	-,843 ^b	19 ^b	,41 ^c
Par 3	ESFUERZO - MEPMEICEDE	,178	4,181	,935	-2,497 ^a	2,853 ^a	,190 ^b	19 ^b	,85 ^c
Par 4	ESFUERZO - MEPMEICEDT	1,031	5,922	1,324	-2,757 ^a	4,820 ^a	,779 ^b	19 ^b	,45 ^c
Par 5	METEICEDE - MEPMEICEDE	,672	3,960	,886	-1,861 ^a	3,206 ^a	,759 ^b	19 ^b	,46 ^c
Par 6	METEICEDT - MEPMEICEDT	2,056	6,061	1,355	-1,822 ^a	5,934 ^a	1,517 ^b	19 ^b	,15 ^c
Par 7	eaMETEICEDE - eaMEPMEICEDE	,672	3,960	,886	-1,861 ^a	3,206 ^a	,759 ^b	19 ^b	,46 ^c
Par 8	eaMETEICEDT - eaMEPMEICEDT	2,056	6,061	1,355	-1,822 ^a	5,934 ^a	1,517 ^b	19 ^b	,15 ^c
Par 9	erMETEICEDE - erMEPMEICEDE	,040	,133	,030	-,045 ^a	,125 ^a	1,348 ^b	19 ^b	,19 ^c
Par 10	erMETEICEDT - erMEPMEICEDT	,118	,293	,066	-,070 ^a	,305 ^a	1,798 ^b	19 ^b	,09 ^c
Par 11	VAerMETEICEDE - VAerMEPMEICEDE	,032	,068	,015	-,012 ^a	,075 ^a	2,101 ^b	19 ^b	,05 ^c
Par 12	VAerMETEICEDT - VAerMEPMEICEDT	,037	,212	,047	-,098 ^a	,173 ^a	,785 ^b	19 ^b	,44 ^c

a. El intervalo en que con un 99% de confianza se encuentra la diferencia contiene al 0 para todos los pares

b. $t(0,005,19)=2,861$. Ninguno de los valores de t en valor absoluto supera este valor

c. La significación es $\geq 0,05$ en todos los casos

Prueba de muestras relacionadas (Casos no seleccionados)

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	99% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	ESFUERZO - METEICEDE	-2,219	4,718	1,926	-9,986 ^a	5,548 ^a	-1,152 ^c	5	,30 ^b
Par 2	ESFUERZO - METEICEDT	-4,473	8,292	3,385	-18,123 ^a	9,177 ^a	-1,321 ^c	5	,24 ^b
Par 3	ESFUERZO - MEPMEICEDE	,332	7,101	2,899	-11,357 ^a	12,021 ^a	,114 ^c	5	,91 ^b
Par 4	ESFUERZO - MEPMEICEDT	3,464	10,428	4,257	-13,702 ^a	20,629 ^a	,814 ^c	5	,45 ^b
Par 5	METEICEDE - MEPMEICEDE	2,550	4,123	1,683	-4,236 ^a	9,337 ^a	1,515 ^c	5	,19 ^b
Par 6	METEICEDT - MEPMEICEDT	7,937	7,305	2,982	-4,088 ^a	19,961 ^a	2,661 ^c	5	,04 ^b
Par 7	eaMETEICEDE - eaMEPMEICEDE	2,550	4,123	1,683	-4,236 ^a	9,337 ^a	1,515 ^c	5	,19 ^b
Par 8	eaMETEICEDT - eaMEPMEICEDT	7,937	7,305	2,982	-4,088 ^a	19,961 ^a	2,661 ^c	5	,04 ^b
Par 9	erMETEICEDE - erMEPMEICEDE	,124	,178	,072	-,168 ^a	,417 ^a	1,716 ^c	5	,15 ^b
Par 10	erMETEICEDT - erMEPMEICEDT	,368	,385	,157	-,266 ^a	1,002 ^a	2,339 ^c	5	,07 ^b
Par 11	VAerMETEICEDE - VAerMEPMEICEDE	-,008	,073	,030	-,129 ^a	,113 ^a	-,261 ^c	5	,80 ^b
Par 12	VAerMETEICEDT - VAerMEPMEICEDT	-,048	,328	,134	-,588 ^a	,492 ^a	-,359 ^c	5	,73 ^b

a. Los intervalos de confianza contienen al 0.

b. La significación no es $< 0,005$

c. $t(0,005,5)=4,032$ y ninguno de los valores de t en valor absoluto superan este valor

Evaluación de los modelos de Estimación de Tiempo

Gráfico de Dispersión de Tiempo vs. sus Estimaciones

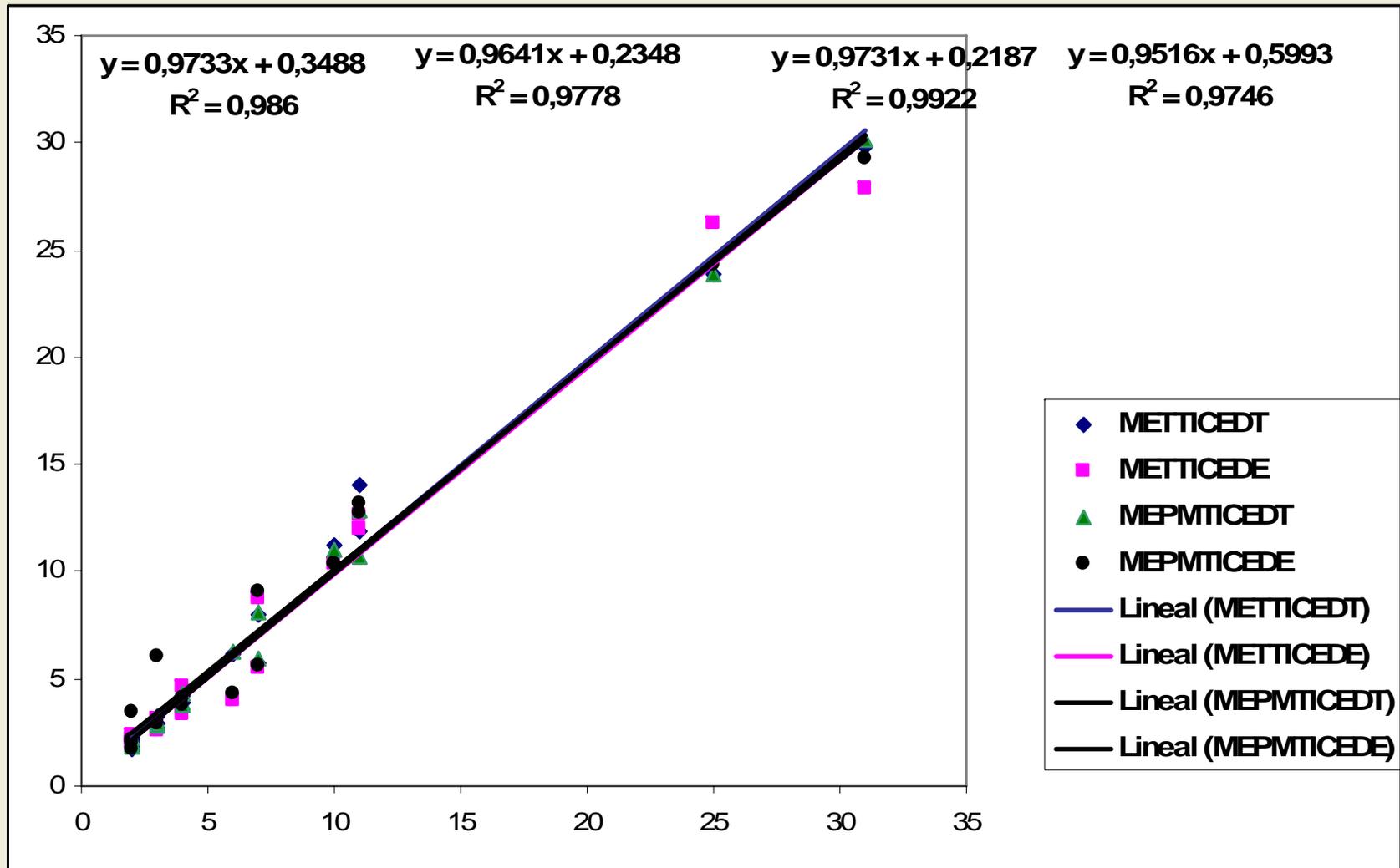


Gráfico de Caja de Tiempo vs. sus Estimaciones

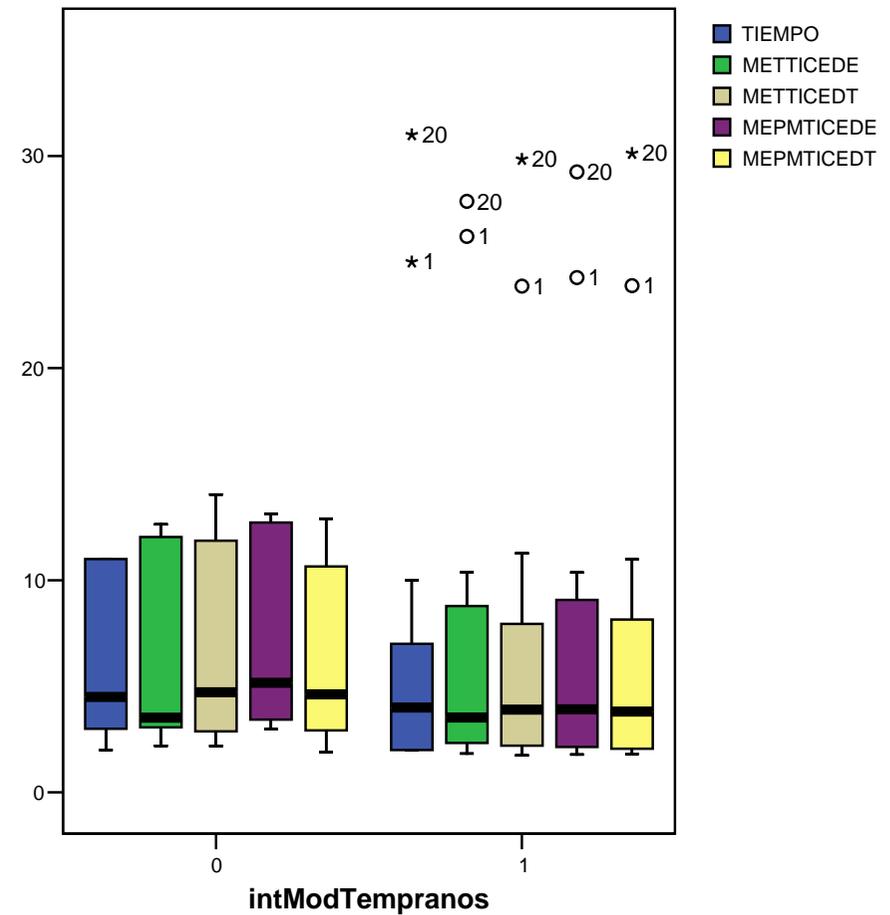
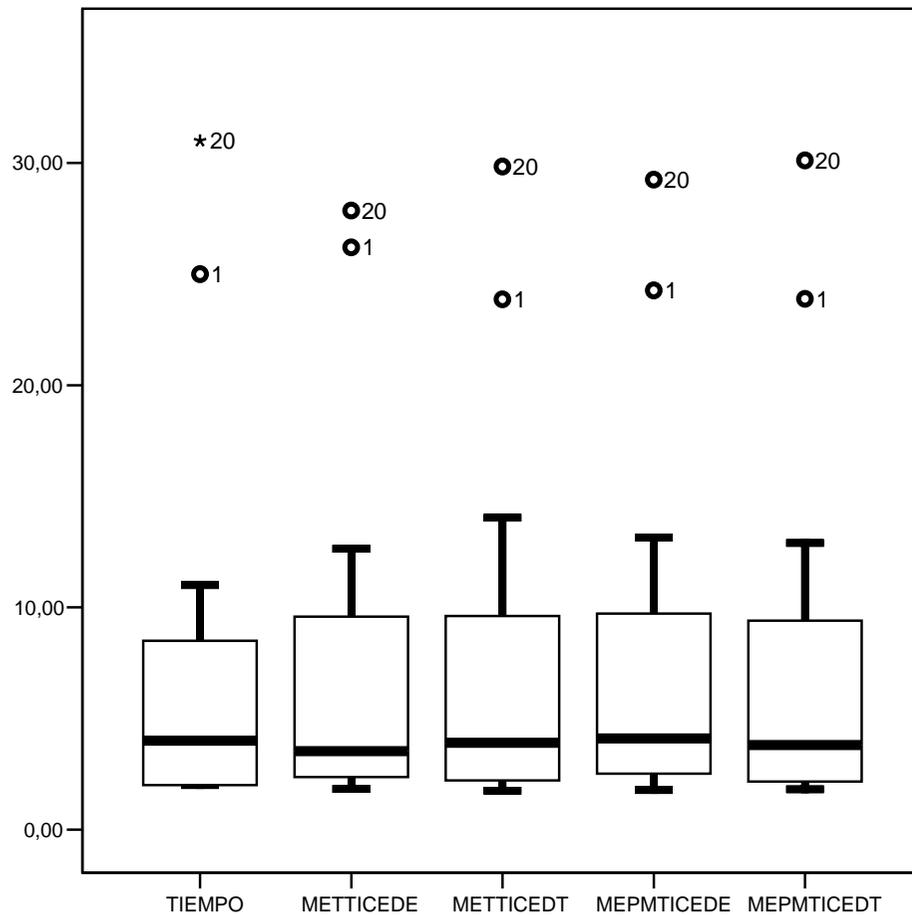


Gráfico de Barras de Tiempo vs. sus Estimaciones

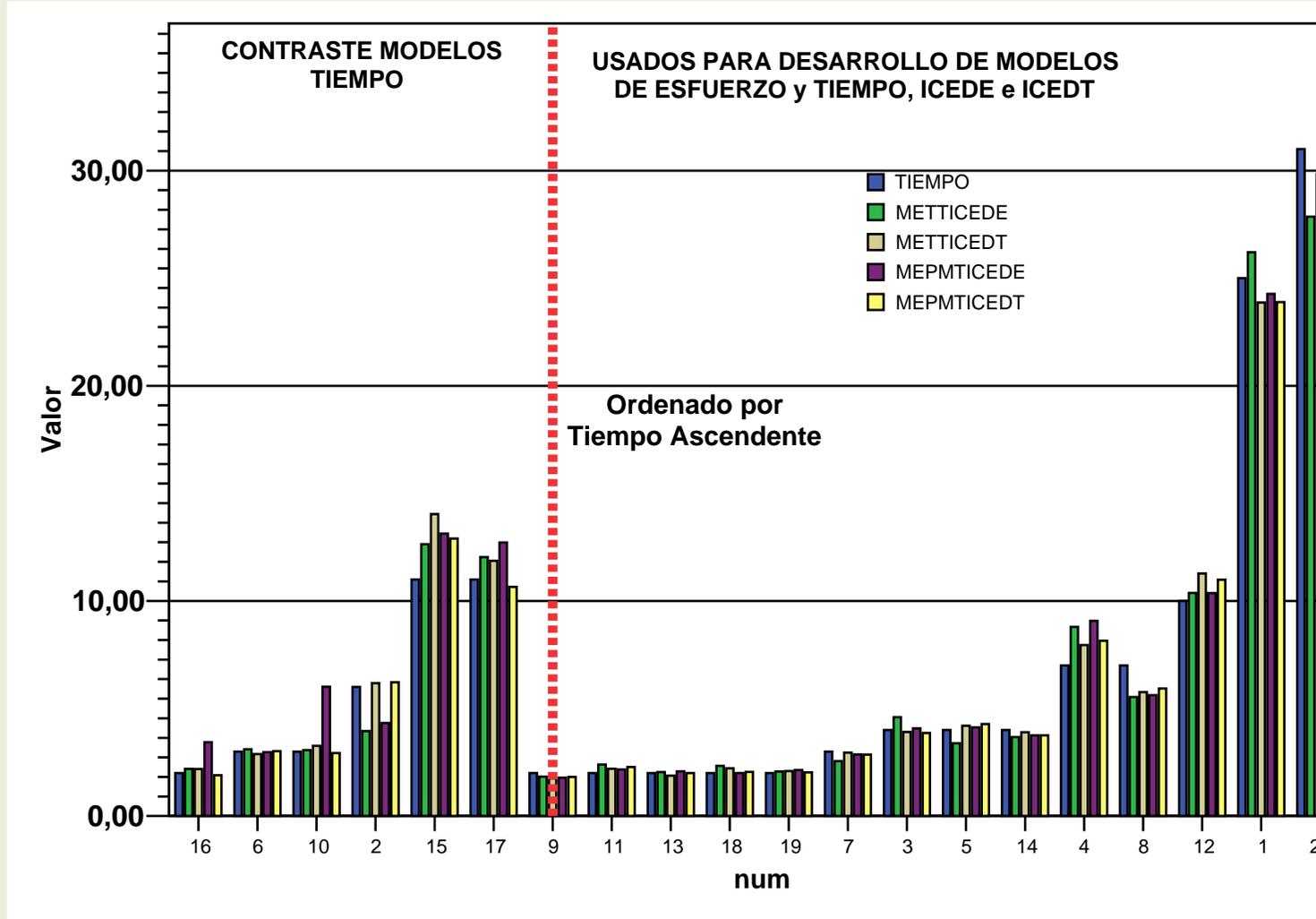
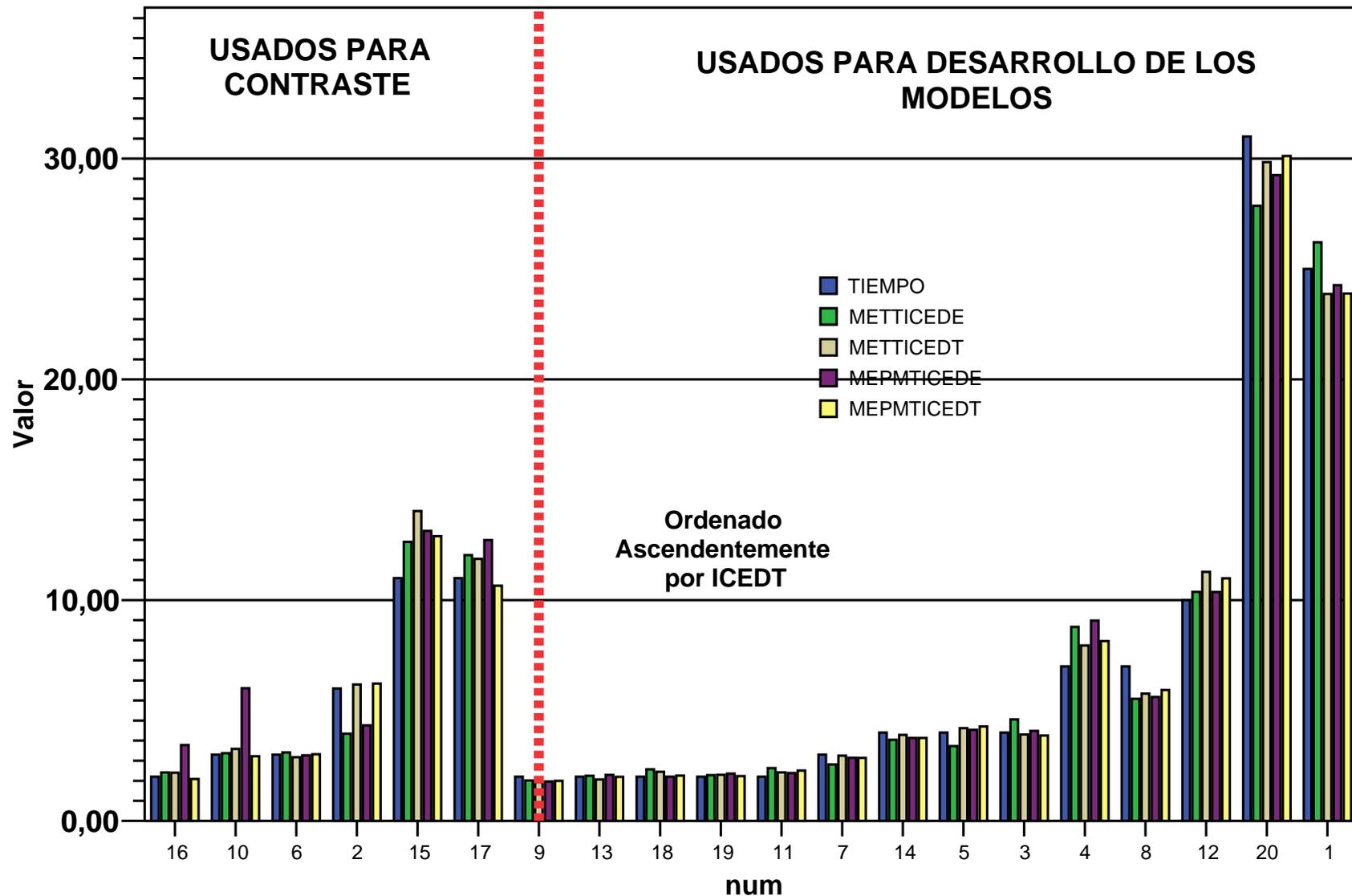


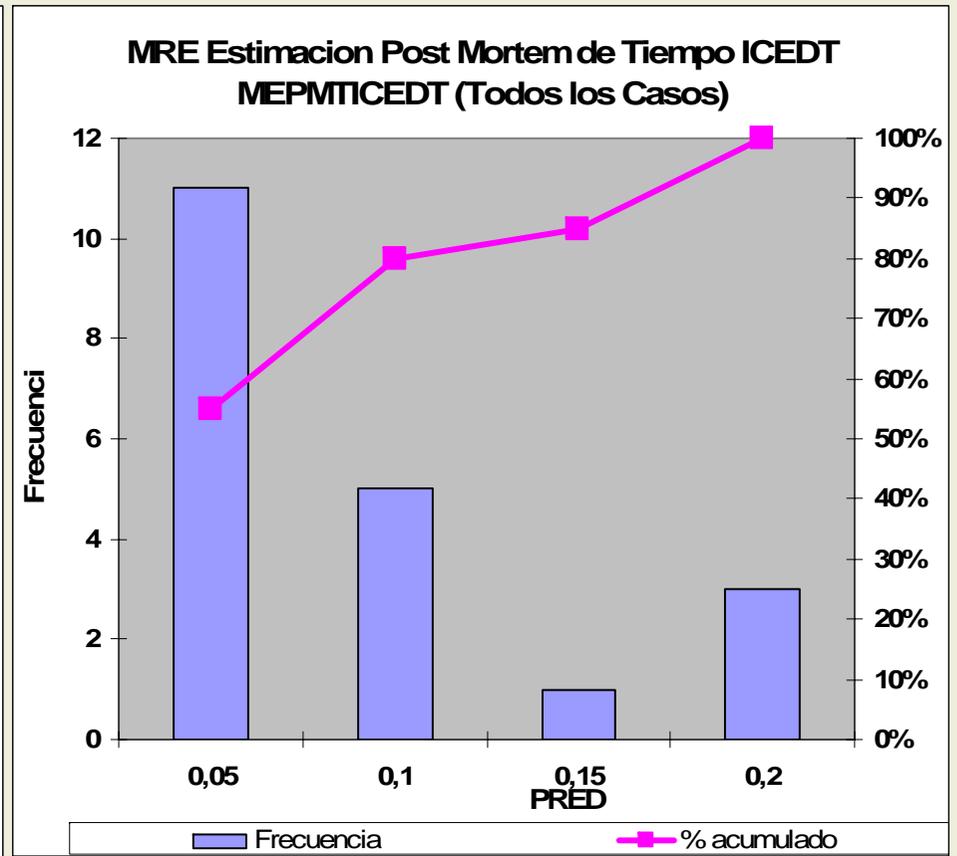
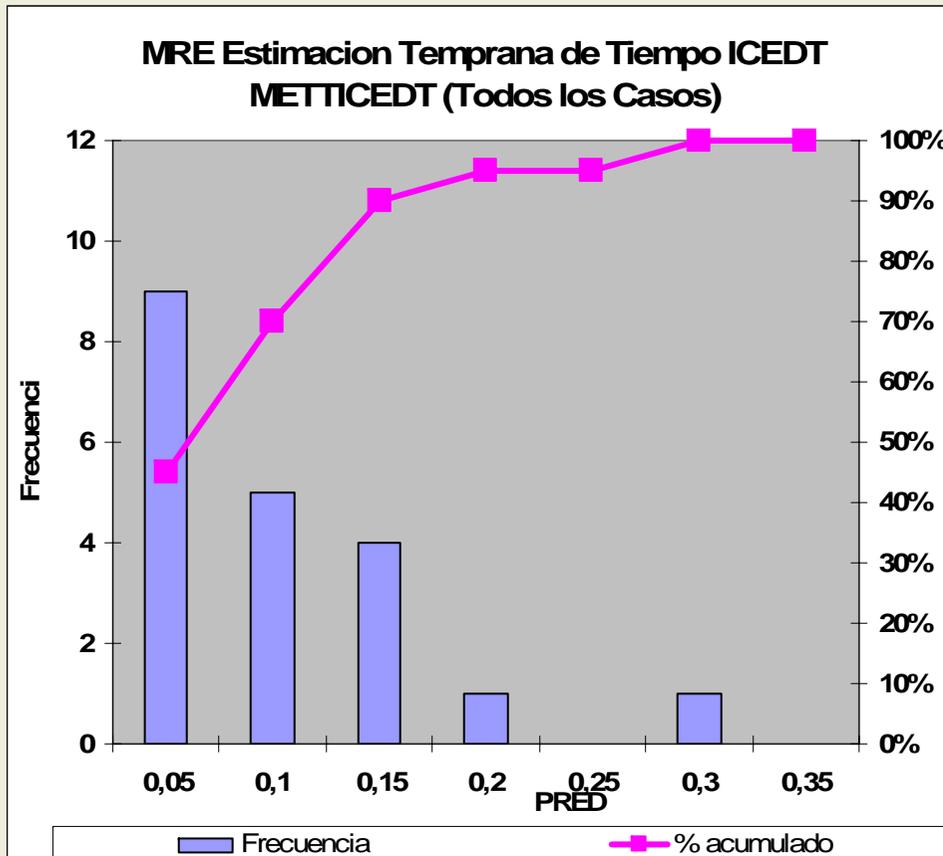
Gráfico de Barras de Tiempo vs. sus Estimaciones



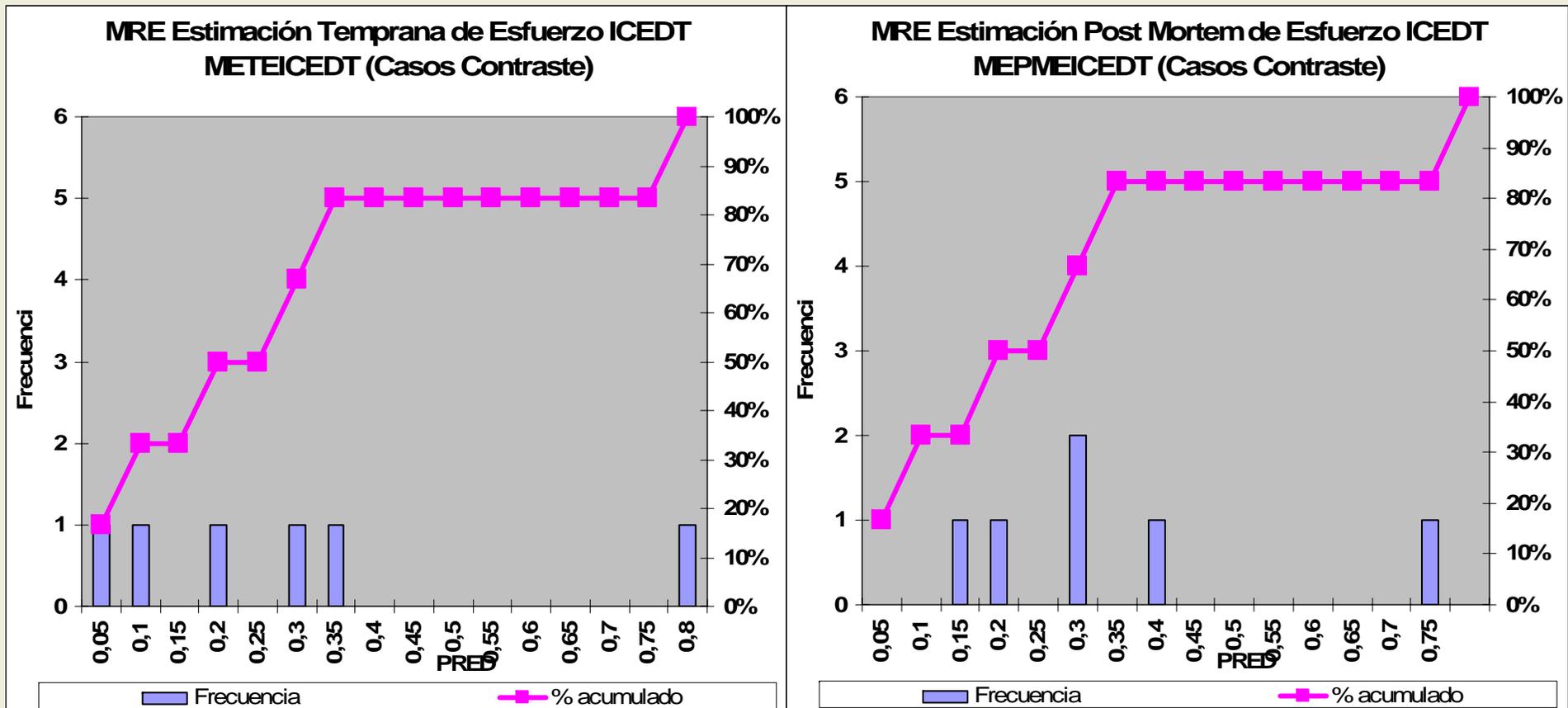
Correlaciones de Tiempo y sus Estimaciones

		TIEMPO			METTICEDE			METTICEDT			MEPMTICEDE			MEPMTICEDT		
		Todos los Casos	Seleccionados	Seleccionados No	Todos los Casos	Seleccionados	Seleccionados No	Todos los Casos	Seleccionados	Seleccionados No	Todos los Casos	Seleccionados	Seleccionados No	Todos los Casos	Seleccionados	Seleccionados No
TIEMPO	Correlación de Pearson	1,000	1,000	1,000	0,989	0,992	0,973	0,993	0,997	0,989	0,987	0,996	0,933	0,996	0,998	0,988
	Sig. (bilateral)				0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6
METTICEDE	Correlación de Pearson	0,989	0,992	0,973	1,000	1,000	1,000	0,992	0,994	0,980	0,993	0,997	0,975	0,991	0,994	0,969
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,001				0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6
METTICEDT	Correlación de Pearson	0,993	0,997	0,989	0,992	0,994	0,980	1,000	1,000	1,000	0,993	0,999	0,947	0,999	1,000	0,998
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001				0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6
MEPMTICEDE	Correlación de Pearson	0,987	0,996	0,933	0,993	0,997	0,975	0,993	0,999	0,947	1,000	1,000	1,000	0,991	0,999	0,926
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,004				0,000	0,000	0,008
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6
MEPMTICEDT	Correlación de Pearson	0,996	0,998	0,988	0,991	0,994	0,969	0,999	1,000	0,998	0,991	0,999	0,926	1,000	1,000	1,000
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008			
	N	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6	20	14	6

Error Relativo Medio



Error Relativo Medio



Validación Empírica

Correlaciones de muestras relacionadas (todos los casos)

	N	Correlación	Sig.
Par 1 TIEMPO y METTICEDE	20	,989	,000
Par 2 TIEMPO y METTICEDT	20	,993	,000
Par 3 TIEMPO y MEPMTICEDE	20	,987	,000
Par 4 TIEMPO y MEPMTICEDT	20	,996	,000
Par 5 METTICEDE y MEPMTICEDE	20	,993	,000
Par 6 METTICEDT y MEPMTICEDT	20	,999	,000
Par 7 eaMETTICEDE y eaMEPMTICEDE	20	,711	,000
Par 8 eaMETTICEDT y eaMEPMTICEDT	20	,919	,000
Par 9 erMETTICEDE y erMEPMTICEDE	20	,444	,050
Par 10 erMETTICEDT y erMEPMTICEDT	20	,811	,000
Par 11 VAerMETTICEDE y VAerMEPMTICED	20	-,029	,903
Par 12 VAerMETTICEDT y VAerMEPMTICEDT	20	,768	,000

Correlaciones de muestras relacionadas (casos de contraste)

	N	Correlación	Sig.
Par 1 TIEMPO y METTICEDE	6	,973	,001
Par 2 TIEMPO y METTICEDT	6	,989	,000
Par 3 TIEMPO y MEPMTICEDE	6	,933	,007
Par 4 TIEMPO y MEPMTICEDT	6	,988	,000
Par 5 METTICEDE y MEPMTICEDE	6	,975	,001
Par 6 METTICEDT y MEPMTICEDT	6	,998	,000
Par 7 eaMETTICEDE y eaMEPMTICEDE	6	,768	,074
Par 8 eaMETTICEDT y eaMEPMTICEDT	6	,890	,018
Par 9 erMETTICEDE y erMEPMTICEDE	6	,506	,305
Par 10 erMETTICEDT y erMEPMTICEDT	6	,690	,129
Par 11 VAerMETTICEDE y VAerMEPMTICEDE	6	-,263	,614
Par 12 VAerMETTICEDT y VAerMEPMTICEDT	6	,960	,002

Prueba de muestras relacionadas (todos los casos)

		Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	99% Intervalo de confianza para la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 1	TIEMPO - METTICEDE	,018	1,174	,262	-,732 ^a	,769 ^a	,070 ^b	19	,94 ^c	
Par 2	TIEMPO - METTICEDT	-,161	,933	,209	-,757 ^a	,436 ^a	-,769 ^b	19	,45 ^c	
Par 3	TIEMPO - MEPMTICEDE	-,258	1,262	,282	-1,066 ^a	,549 ^a	-,916 ^b	19	,37 ^c	
Par 4	TIEMPO - MEPMTICEDT	-,031	,708	,158	-,483 ^a	,422 ^a	-,193 ^b	19	,85 ^c	
Par 5	METTICEDE - MEPMTICEDE	-,277	,929	,208	-,871 ^a	,318 ^a	-1,332 ^b	19	,20 ^c	
Par 6	METTICEDT - MEPMTICEDT	,130	,397	,089	-,124 ^a	,384 ^a	1,466 ^b	19	,16 ^c	
Par 7	eaMETTICEDE - eaMEPMTICEDE	-,277	,929	,208	-,871 ^a	,318 ^a	-1,332 ^b	19	,20 ^c	
Par 8	eaMETTICEDT - eaMEPMTICEDT	,130	,397	,089	-,124 ^a	,384 ^a	1,466 ^b	19	,16 ^c	
Par 9	erMETTICEDE - erMEPMTICEDE	-,084	,265	,059	-,253 ^a	,086 ^a	-1,413 ^b	19	,17 ^c	
Par 10	erMETTICEDT - erMEPMTICEDT	,021	,060	,013	-,017 ^a	,060 ^a	1,586 ^b	19	,13 ^c	
Par 11	VAerMETTICEDE - VAerMEPMTICEDE	-,050	,271	,061	-,224 ^a	,123 ^a	-,831 ^b	19	,42 ^c	
Par 12	VAerMETTICEDT - VAerMEPMTICEDT	,020	,041	,009	-,007 ^a	,046 ^a	2,135 ^b	19	,05 ^c	

a. El intervalo en que con un 99% de confianza se sitúa la diferencia contiene al 0

b. $t(0,005,19)=2,861$ y ninguno de los valores de t lo supera en valor absoluto

c. La significación es $\geq 0,05$ en todos los casos

Prueba de muestras relacionadas (casos de contraste)

		Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	99% Intervalo de confianza para la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 1	TIEMPO - METTICEDE	-,164	1,255	,512	-2,229 ^a	1,901 ^a	-,320 ^b	5	,762 ^c	
Par 2	TIEMPO - METTICEDT	-,737	1,174	,479	-2,670 ^a	1,196 ^a	-1,537 ^b	5	,185 ^c	
Par 3	TIEMPO - MEPMTICEDE	-1,100	1,683	,687	-3,871 ^a	1,671 ^a	-1,600 ^b	5	,170 ^c	
Par 4	TIEMPO - MEPMTICEDT	-,269	,820	,335	-1,619 ^a	1,081 ^a	-,803 ^b	5	,459 ^c	
Par 5	METTICEDE - MEPMTICEDE	-,936	1,078	,440	-2,711 ^a	,839 ^a	-2,126 ^b	5	,087 ^c	
Par 6	METTICEDT - MEPMTICEDT	,468	,581	,237	-,489 ^a	1,425 ^a	1,972 ^b	5	,106 ^c	
Par 7	eaMETTICEDE - eaMEPMTICEDE	-,936	1,078	,440	-2,711 ^a	,839 ^a	-2,126 ^b	5	,087 ^c	
Par 8	eaMETTICEDT - eaMEPMTICEDT	,468	,581	,237	-,489 ^a	1,425 ^a	1,972 ^b	5	,106 ^c	
Par 9	erMETTICEDE - erMEPMTICEDE	-,288	,414	,169	-,970 ^a	,394 ^a	-1,702 ^b	5	,149 ^c	
Par 10	erMETTICEDT - erMEPMTICEDT	,070	,077	,031	-,056 ^a	,196 ^a	2,232 ^b	5	,076 ^c	
Par 11	VAerMETTICEDE - VAerMEPMTICEDE	-,270	,429	,175	-,976 ^a	,436 ^a	-1,541 ^b	5	,184 ^c	
Par 12	VAerMETTICEDT - VAerMEPMTICEDT	,047	,036	,015	-,013 ^a	,107 ^a	3,175 ^b	5	,025	

a. Los intervalos en que con un 99% de confianza se sitúa la diferencia contienen al 0

b. $t(0,005,5)=4,032$ y ninguno de los valores de t supera este valor en valor absoluto

c. La significación no es $< 0,05$



RECONOCIMIENTOS

LAS VISITAS DEL PRIMER AUTOR A UPM SON FINANCIADAS POR EL PROGRAMA DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL BID Y POR UPM (BANCO SANTANDER) AÑO LECTIVO 2004-2005

ESTE TRABAJO NO HABRÍA SIDO POSIBLE SIN EL APOYO DE
NICOLÁS JODAL, KARINA SANTO, JOSÉ LUIS CHALAR, GUSTAVO CARRIQUIRY Y CLAUDIA ARAUJO
DE ARTECH CONSULTING

ENRIQUE LATORRES Y JOSÉ LUIS SUBELZÚ
DEL DPTO DE INFORMÁTICA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DE URUGUAY

JUAN ANDRÉS LEIRAS
DEL DPTO DE INFORMÁTICA DE SANIDAD POLICIAL

GONZALO PÉREZ Y JOAQUÍN GONZÁLEZ
DE CONEX CONSULTING

ÓSCAR CAMARGO
DE UNIVERSIDAD DEL TRABAJO Y UNIVERSIDAD ORT

FUERON MUY IMPORTANTES LAS SUGERENCIAS RECIBIDAS DE
ERNESTINA MENASALVAS, ANA MARÍA MORENO Y SIRA VEGAS DE UPM
LUIS OLSINA DE UNLP

KARINA SANTO, JOSÉ LUIS CHALAR Y NICOLÁS JODAL DE ARTECH CONSULTING
REGINA MOTZ Y JULIO FERNÁNDEZ DE UNIVERSIDAD ORT
MARIO PIATTINI DE LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA
LA HERRAMIENTA DE RECOLECCIÓN AUTOMÁTICA DE MÉTRICAS VERSIÓN 1 FUE DESARROLLADA POR
GABRIELA CAMACHO, XIMENA GARCÍA Y PABLO REBAGLIATTI

EL IDE INTEGRADO DE RECOLECCIÓN DE MÉTRICAS FUE DESARROLLADO FUE DESARROLLADO POR
SUSANA ABULAFIA, JOSÉ CARDOZO LIMA Y RODRIGO PORTUGAL VIDAL

LA SEGUNDA VERSIÓN DE LA HERRAMIENTA DE RECOLECCIÓN AUTOMÁTICA DE MÉTRICAS FUE DESARROLLADA POR
ILIANA IBARRA, MARTÍN LORENZO Y FERNANDO PINTOS

LA TERCERA VERSIÓN DE LA HERRAMIENTA DE RECOLECCIÓN AUTOMÁTICA DE MÉTRICAS Y LA HERRAMIENTA DE INGRESO DE VISTAS DE
DATOS DE USUARIOS Y GENERACIÓN DE ESQUEMA RELACIONAL EN 3FN FUERON DESARROLLADAS POR
LUIS ÁLVAREZ, ADRIÁN ARREDONDO, MARTÍN CAMPS Y SERGIO CORA