Mano de obra en la construcción: determinación de la cuadrilla óptima por medio de una herramienta de simulación

Raúl F. Navas[1]; María R. Ridl[2]; Liliana Torés[3]

Fecha de recepción: 16 de marzo de 2012 – Fecha de aprobación: 2 de agosto de 2012

RESUMEN
Con el objeto de profundizar el análisis de tiempos de duración de una tarea y de acuerdo con las conformaciones usuales de equipos de trabajo (cuadrillas) compuestos por oficiales y ayudantes, los autores desarrollan una metodología para optar por la cuadrilla que produzca menor desperdicio de tiempo (cuadrilla óptima) en la ejecución del trabajo encomendado.
Con esta herramienta de simulación se procura poner en manos de quien planifica el programa de actividades, un instrumento para evaluar y comparar diferentes escenarios. Así se facilita la decisión de elegir la cuadrilla de trabajo que se aproxime mejor a la situación particular de la obra, en función de sus características y condicionantes.

Palabras clave: cuadrilla, trabajo, planificación, construcción, simulación

Workforce in construction: determination of the optimal team through a simulation tool

ABSTRACT
This research work aims at studying in depth the analysis made to the duration time of accomplishment of a task taking into account the usual conformation of work teams formed by skilled workers and helpers. In order to investigate this, the authors have developed a methodology to select a team that would produce the least misuse of time possible (optimal team) while accomplishing the task requested. The aim of this simulation tool is to provide the skilled worker in charge of the programme of activities with an instrument that will enable him to assess different scenarios, in order to adopt the most suitable team for the construction project taking into consideration the characteristics and determinants, improving, in this way the decision making.

Keywords: team, work, planning, construction, simulation

---

[1] CIRCOT-FI-UNSJ: Mg. Ing. Docente e Investigador del Centro de Investigación para la Racionalización de la Construcción Tradicional – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan. Correo electrónico: rnavas@unsj.edu.ar
[2] FAUD-UNSJ: Master – Docente e Investigador de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan y del CIRCOT-FI-UNSJ.
[3] CIRCOT-FI-UNSJ: Ingeniera Especialista – Docente – Investigador de la Universidad Nacional de San Juan.
Nota: El período de discusión está abierto hasta el 1° de marzo de 2013. Este artículo de divulgación es parte de Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 16, No.2, 2012, ISSN 1665-529-X.

INTRODUCCIÓN

La planeación de una obra a construirse se enfoca principalmente en los procesos constructivos. Estos procesos que ejecuta el profesional o constructor, tradicionalmente están basados en su experiencia conjuntamente con los datos que provienen de obras similares ya construidas.

Resulta significativo contar con una herramienta que permita tomar decisiones acertadas basadas en un modelo debidamente formulado, desarrollado, validado y de fácil utilización que permita establecer cuál es la cuadrilla óptima para realizar una tarea en función de estándares de rendimiento de mano de obra obtenidos de fuentes confiables.

En licitaciones y contratos de obra se observa la dificultad en la determinación de la cantidad de mano de obra necesaria para los cálculos presupuestarios y posterior control de la producción debido a que no existen estándares de rendimiento confiables en nuestra provincia de San Juan, Argentina. Por otro lado, muchas empresas constructoras no llevan registros históricos adecuados de los tiempos que demanda cada actividad. Si bien se cuenta con datos a nivel nacional, válidos para otras locaciones (Chandías, M.E.; Ramos, J. M. 2009), resulta difícil calcular los tiempos reales de ejecución de cada uno de los ítems de obra si varia el lugar o ubicación de la obra, o si se cuenta con mano de obra con baja capacitación, gran rotación de personal, poca antigüedad en las empresas constructoras o si proviene de otras industrias ajenas a la construcción.

Del trabajo "Estándares de insumos de mano de obra" (Vázquez Cabanillas, C. E.; De La Torre, J. 1983) se obtuvieron por primera vez estándares zonales correspondientes a la provincia de San Juan, Argentina. Sobre la base del mencionado estudio y del relevamiento en obra de conformaciones habituales de las cuadrillas de trabajo, se obtiene un listado de cuadrillas susceptibles de ser seleccionadas, en donde los oficiales y ayudantes realizan tareas propias correspondientes a su jerarquía. La selección de la cuadrilla más conveniente surgirá del análisis de las características y condicionantes de cada obra. Con el objeto de profundizar el análisis de tiempos de duración de una tarea y de acuerdo con las conformaciones usuales de equipos de trabajo (cuadrillas) compuestos por oficiales y ayudantes, los autores desarrollan una metodología para optar por la cuadrilla que produzca menor cantidad de desperdicio de tiempo (cuadrilla óptima) en la ejecución del trabajo encomendado.

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CUADRILLA ÓPTIMA

Conocidos los estándares de insumo de mano de obra directa para una determinada actividad, se trata, a través de un modelo matemático, de diseñar una metodología que permita seleccionar la cuadrilla óptima.

El contenido total del trabajo se obtiene como suma de un contenido de trabajo de oficial y un contenido de trabajo de ayudante resultando la Ecuación (1):

$$C_{tot} = C_{of} + C_{ay} \qquad (1)$$

Estos dos sumandos, C_{of} y C_{ay}, reflejan la composición de una cuadrilla ideal, donde los oficiales y ayudantes realizan únicamente tareas propias de oficial y ayudante respectivamente. Si se cumple esta premisa, se puede decir que la relación entre los contenidos de trabajo de oficial y ayudante, equivale a la relación entre la cantidad de oficiales y ayudantes integrantes de la cuadrilla ideal. A esta relación se la denomina γi - Ecuación (2):

$$\gamma_i = \frac{C_{of}}{C_{ay}} \qquad (2)$$

De las cuadrillas reales que se pueden formar, habrá una Ecuación (3) cuya relación γ sea la que más se aproxime a la relación ideal γ_i:

$$\gamma_i = \frac{N°_{of}}{N°_{ay}} \qquad (3)$$

La Figura 1 muestra las 49 conformaciones posibles de cuadrilla, desde la mínima $1_{of} * 1_{ay}$ hasta la elegida como máxima $7_{of} * 7_{ay}$. En ordenadas se representan los puntos correspondientes a la cantidad de oficiales y en abscisas, cantidad de ayudantes.

En los cruces de las semirrectas representativas de la cantidad de oficiales y ayudantes, se muestran circulados los puntos representativos de cada conformación de cuadrilla básica. Los cruces no circulados indican conformaciones de cuadrillas múltiplos enteros de otras cuadrillas básicas. Como ejemplo de esto, el cruce (A) de OF=6 y AY=4, no está circulado por ser múltiplo entero de la cuadrilla básica [3*2].

Este ábaco permite obtener rápidamente un listado de las cuadrillas susceptibles de ser seleccionadas. El procedimiento es el siguiente:

a) En la ecuación (4) se calcula γi;

$$\gamma_i = \frac{C_{of}}{C_{ay}} \qquad (4)$$

b) Conocido γi, se traza una semirrecta de ecuación $\gamma = \gamma_i . X$

c) Esta semirrecta forma diversos triángulos en su intersección con la cuadrícula. Si el vértice opuesto a la hipotenusa de cada triángulo está circulado, esa será una conformación de cuadrilla susceptible de ser seleccionada.

Genéricamente se denomina a estos triángulos como "triángulos de desperdicio" ya que, como se explica más adelante, uno de sus dos catetos es representativo de un exceso de horas-oficial o de horas-ayudante.

Según se observa en la Figura 2, se forman dos tipos de triángulos según que la semirrecta deje a su derecha o a su izquierda al punto circulado.

En el primer caso, se forma el triángulo A cuyo cateto horizontal indica un exceso (desperdicio) de hora-ayudante. En efecto, si se forma la cuadrilla [3 * 2], el trabajo de 3 oficiales durante una hora (3 h_{of}) necesitará del concurso de algo menos de 2 ayudantes, en el mismo lapso (2 h_{ay}). Como realmente están presentes 2 ayudantes, por horas de trabajo de la cuadrilla [3*2], habrá un desperdicio de d_{ay} (h_{ay})

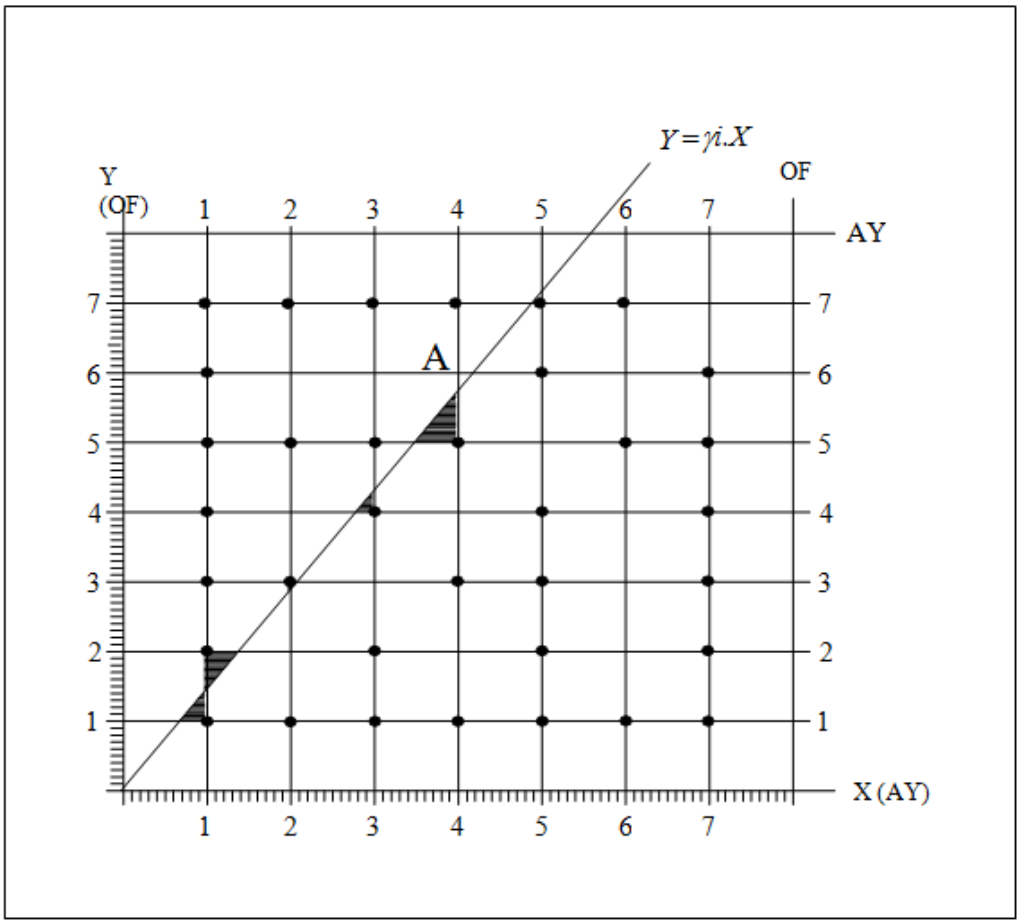


Figura 1: Evaluación del Triángulo de Desperdicio. Ábaco para el balanceo de cuadrillas

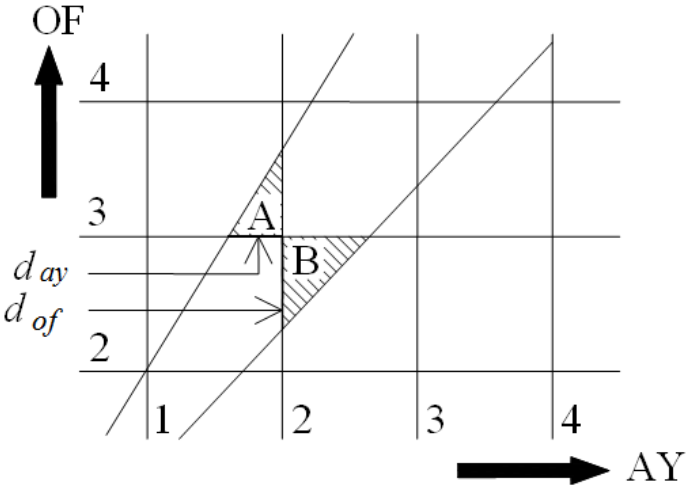


Figura 2: Triángulo de desperdicios.

Si se analiza el segundo caso, o sea que la semirrecta deje a su izquierda el punto circulado, se forma el triángulo B, cuyo cateto vertical indica un exceso (desperdicio) de hora-oficial.

Formando la misma cuadrilla [3*2] del caso anterior, el trabajo de 2 ayudantes durante una hora (2 h_{ay}) requiere el concurso simultáneo de algo menos de 3 oficiales en el mismo lapso (3 h_{of}). La presencia efectiva de 3 oficiales lleva a la conclusión que, por hora de trabajo de la cuadrilla [3*2] habrá un desperdicio de d_{of} (h_{of}).

CÁLCULO ANALÍTICO DE LOS DESPERDICIOS

Primer caso: Cálculo de d_{ay} (Figura 3).

Si la conformación de la cuadrilla seleccionada es, genéricamente $[I(of) * J(ay)]$ y P es el punto representativo de la misma según se observa en la ecuación 5:

$$tg\delta = \frac{MN}{ON} \qquad (5)$$

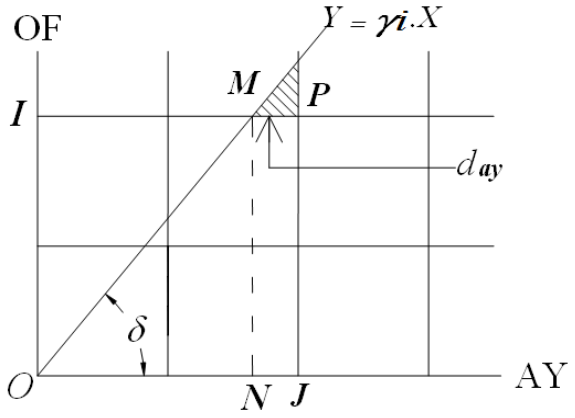


Figura 3: Cálculo analítico de desperdicio ayudante.

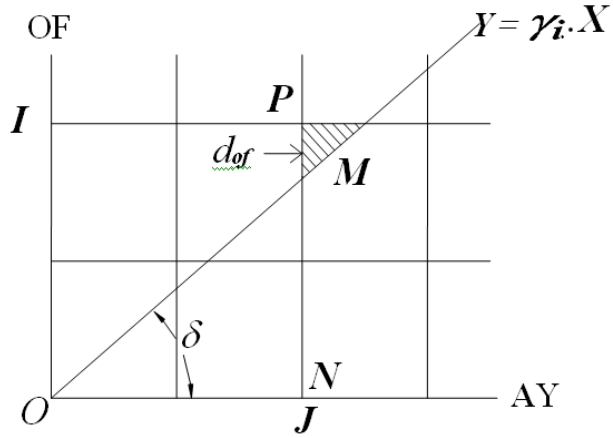


Figura 4: Cálculo de desperdicio oficial.

Siendo: $tg\delta = \gamma_i$; $MN = I$; $ON = J - d_{ay}$

Remplazando en (5):

$$\gamma_i = \frac{I}{J - d_{ay}} \quad \therefore \tag{6}$$

$$J - d_{ay} = \frac{I}{\gamma_i} \Rightarrow d_{ay} = J - \frac{I}{\gamma_i} \tag{7}$$

Segundo caso: Cálculo de d_{of} (Figura 4).

$$tg\delta = \frac{MN}{ON} \tag{8}$$

Siendo: $tg\delta = \gamma_i$; $MN = I - d_{of}$; $ON = J$

Remplazando en (8):

$$\gamma_i = \frac{I - d_{of}}{J} \tag{9}$$

$$\therefore \gamma_i \bullet J = I - d_{of} \quad d_{of} = I - \gamma_i \bullet J \tag{10}$$

Seguidamente se desarrolla un ejemplo real del cálculo de los tiempos totales de ejecución y de los desperdicios para distintas alternativas de conformación de cuadrillas en la actividad "Revoque a la cal- enlucido".

Los datos correspondientes al ejemplo propuesto son:

a. Contenidos de trabajo de oficial (C_{of}), de ayudante (C_{ay}) y total (C_{tot}) (Vázquez Cabanillas, C. E.; De La Torre, J. 1983). C_{of} = 0,22 h/m^2; C_{ay} = 0,08 h/m^2; C_{tot} = 0,30 h/m^2
b. Producción a conseguir (P): P = 345 m^2 (1 módulo, consistente en dos viviendas apareadas). La aplicación de esta metodología permite obtener como primer resultado y de manera expeditiva, un listado de las cuadrillas susceptibles de ser elegidas.

En el ejemplo propuesto, como se verá más adelante, solamente tres son las conformaciones de cuadrillas a estudiar, sin embargo, como ejercicio didáctico y aclaratorio, el cálculo se realiza para 10 conformaciones distintas de cuadrillas.

Cálculo:

$$\gamma_i = \frac{C_{of}}{C_{ay}} = \quad \gamma_i = \frac{0,22h/m^2}{0,08h/m^2} = 2,75 \tag{11}$$

Tiempo total necesario de mano de obra: (T^N)

$$T^N{}_{tot} = P \bullet C_{tot} = 345m^2 \bullet 0,30h/m^2 = 103,5h$$

$$T^{N}_{tot}\begin{cases} T^{N}_{of} = P \bullet C_{of} = 345m^2 \bullet 0,22h_{of} / m^2 = 75,90h_{of} \\ T^{N}_{ay} = P \bullet C_{ay} = 345m^2 \bullet 0,08h_{ay} / m^2 = 27,60h_{ay} \end{cases}$$

Cálculo de desperdicios.

El listado de cuadrillas a estudiar se obtiene de la Tabla 2 (Anexo). En efecto, para $\gamma_i = 2,75$, el intervalo de variación (señalado con una flecha) es 2,667 – 3,000; las cuadrillas seleccionadas son: 1 (2 * 1); 2 (3 * 1) y 3 (5 * 2), o sea Cuadrilla 1 conformada por 2 Oficiales y 1 Ayudante; la Cuadrilla 2 integrada por 3 Oficiales y 1 Ayudante y la Cuadrilla 3 compuesta por 5 Oficiales y 2 Ayudantes.

En la Figura 5 se materializan las 3 cuadrillas con los números 1, 2 y 3 respectivamente; también han sido remarcados los tres triángulos de desperdicio.

Las cuadrillas 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 se agregan por estar incluidas en este cálculo. Las dos últimas (9 y 10) son múltiplos enteros de las cuadrillas 1 y 2 respectivamente.

La Tabla 1 (Anexo) resume el cálculo exacto de los desperdicios de mano de obra y tiempos totales de ejecución para las distintas conformaciones de cuadrilla planteadas.

Los datos iniciales para el cálculo se muestran en las columnas 1, 2, 3, y 4.

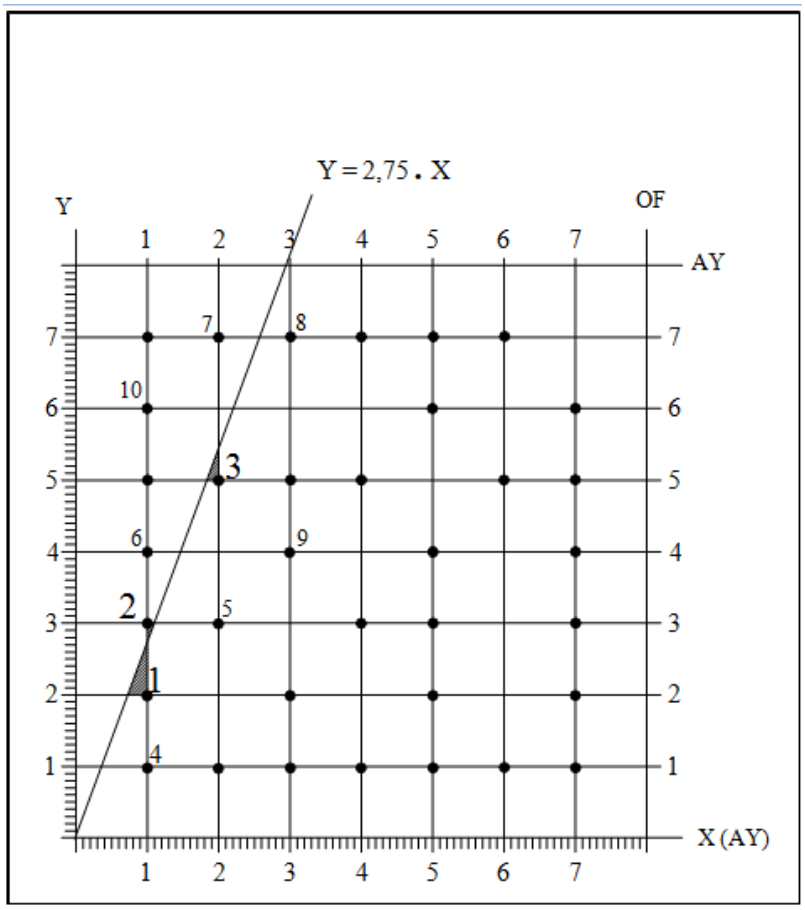


Figura 5: Evaluación del Triángulo de Desperdicio.

Columnas 1 y 2: Las dos primeras columnas indican, respectivamente, la cantidad de oficiales y ayudantes que conforman cada cuadrilla propuesta.

Columnas 3 y 4: Las dos columnas siguientes se completan con los tiempos de mano de obra de oficiales y ayudante necesarios para conseguir la producción P deseada. Estos dos valores fueron calculados previamente $\left(75,90h_{of}\right)$ y $\left(27,60h_{ay}\right)$ y son constantes para cualquier alternativa de formación de cuadrilla.

Se desarrolla ahora el cálculo detallado de los valores de las restantes columnas para un alternativa cualquiera (se elige la 3, señalada en la Tabla 1 con una flecha).

Columna 5: Tiempo total de ejecución (T^E)

Este es el tiempo cronológico, expresado en jornadas de trabajo, durante el cual debe desarrollar sus tareas la cuadrilla para conseguir la producción deseada. Se considera la jornada de trabajo equivale a 7,50 horas, siendo las 0,50 horas restantes para completar las 8,00 horas de trabajo completo el "desperdicio" estimado en tiempo de aprestamiento (entrada) y de despeje de la zona de trabajo (salida), por lo cual los 5 oficiales, para completar las $75,90h_{of}$ necesarias, deben trabajar, en conjunto, durante $2,02J$.

Los 2 ayudantes, a su vez, necesitan de 1,84J de trabajo para completar las $27,60h_{ay}$ requeridas.

Dado que los 7 integrantes de la cuadrilla conforman una unidad, de los dos valores hallados se elige el mayor; por tanto, el tiempo total de ejecución es 2,02J.

Cálculo:

$$T^E of = \frac{(T^N of)}{(CuadrillaOF)\bullet 7,50} = \frac{75,90h_{of}}{5of \bullet 7,50h/J} = 2,02J$$

$$T^E ay = \frac{(T^N ay)}{\left(CuadrillaAY\right)\bullet 7,50} = \frac{27,60h_{ay}}{2ay \bullet 7,50h/J} = 1,84J$$

Columna 6: Este valor es el tiempo total de ejecución T^E expresado en horas.

Cálculo:

$$T^E = \left(T^E J\right)\bullet 7,50 = 2,02J \bullet 7,50h/J = 15,18h$$

Columnas 7 y 8: Tiempos de mano de obra disponibles ($T^D{}_{of}$ y $T^D{}_{ay}$)

Cálculo:

$$T^D of = \left(T^E H\right)\left(h\right)\bullet\left(CuadrillaOF\right)\left(of\right) = 15,18h \bullet 5of = 75,90h_{of}$$

$$T^D ay = \left(T^E H\right)\left(h\right)\bullet\left(CuadrillaAY\right)\left(ay\right) = 15,18h \bullet 2ay = 30,36h_{ay}$$

Columnas 9 y 10: Desperdicios horarios (d_{of} y d_{ay})

El trabajo de la cuadrilla produce indefectiblemente, como ya se ha explicado, un desperdicio horario de tiempos de oficial o de tiempos de ayudante (excluyente uno del otro). Este desperdicio horario queda representado en la Figura 5 por alguno de los dos catetos de cada triángulo de desperdicio.

Cálculo:

$$d_{of} = \left(CuadrillaOF\right) - \gamma_i \bullet \left(CuadrillaAY\right) = 5 - \left(2,75 \bullet 2\right) = -0,50h_{of}$$

$$d_{ay} = \left(CuadrillaAY\right) - \frac{\left(CuadrillaOF\right)}{\gamma i} = 2 - \frac{5}{2,75} = +0,18h_{ay}$$

El signo negativo de d_{of} (9) indica que no hay desperdicio de tiempo de oficial. Si, en cambio, es positivo el signo de d_{ay} (10), por lo tanto por cada hora de trabajo de la cuadrilla 3 (5 * 2) se produce un desperdicio de tiempo de ayudante equivalente a 0,18 h_{ay}.

Columnas 11 y 12: Desperdicios totales: d_{of} y d_{ay} (h_{of} y h_{ay} respectivamente).

Los desperdicios totales son resultado de la acumulación de desperdicios horarios a lo largo del tiempo total de ejecución.

Cálculo:

$$d_{of} = \left(T^D of\right)\left(h_{of}\right) - \left(T^N of\right)\left(h_{of}\right) = 75,90h_{of} - 75,90h_{of} = 0$$

$$d_{ay} = \left(T^D ay\right)\left(h_{ay}\right) - \left(T^N of\right)\left(h_{ay}\right) = 30,36h_{ay} - 27,60h_{ay} = 2,76h_{ay}$$

Verificación:

$$d_{of} = \left(d^H of\right)\left(h_{of} / h\right) \bullet \left(T^E H\right)\left(h\ \right) = 0 \bullet 15,18h = 0$$

$$d_{ay} = \left(d^H ay\right)\left(h_{ay} / h\right) \bullet \left(T^E H\right)\left(h\ \right) = 0,18h_{ay} / h \bullet 15,18h = 2,76h_{ay}$$

Columnas 13 y 14: Desperdicios totales: d_{of} y d_{ay} (expresados en jornadas de *of* y *ay* respectivamente).

Cálculo:

$$d_{of} = \frac{\left(d_{of}\right)\left(h_{of}\right)}{7,50h / J} = \frac{0}{7,50h / J} = 0 \qquad d_{ay} = \frac{\left(d_{ay}\right)\left(h_{ay}\right)}{7,50h / J} = \frac{2,76h_{ay}}{7,50h / J} = 0,37J_{ay}$$

Columna 15: Desperdicios totales equivalentes (d^E)

Para poder comparar los desperdicios totales de las distintas alternativas de conformación de cuadrillas, es necesario reducirlos a unidades homogéneas ya que algunos desperdicios resultan valorizados en jornadas de oficial y otros en jornadas de ayudante. La manera de homogeneizarlos es a través del costo de los salarios de oficiales y ayudantes.

En efecto, a valores de costo de salarios, una jornada o jornal de oficial equivale a 1,18 jornales de ayudante; por tanto, los desperdicios expresados en jornales de oficial se transformarán en jornales equivalentes multiplicándolos por 1,18.

Cálculo:

$$\left(d_E\right) = \left(d_{of}\right) \bullet 1,18 \quad ó \quad \left(d_E\right) = \left(d_{ay}\right); \qquad \left(d_E\right) = 0,37J_{ay}$$

Columna 16: Costo (expresado en jornales de ayudante J_{ay}).

Cálculo:

$$J_{ay} = \left(CuadrillaOF\right) \bullet \left(T^E J\right) \bullet 1,18 + \left(CuadrillaAY\right) \bullet \left(T^E J\right)$$
$$J_{ay} = 5of \bullet 2,02J \bullet 1,18of / ay + 2ay \bullet 2,02J = 15,96J_{ay}$$

CONCLUSIONES

En el ejemplo propuesto, el exclusivo análisis de los costos (columna 14) indica como óptima la cuadrilla 3 [5 * 2] seguida por la 8 [7 * 3] y la 9 [4 * 2]. Teniendo en cuenta únicamente los tiempos totales de ejecución surgen como recomendables las cuadrillas:

8[7*3], 3[5*2], 7[7*2] y 10[6*2]

Sin embargo, las características físicas de las viviendas (superficie y distribución de locales) hacen imposible la implementación de las cuadrillas 8, 3, y 7. Surge así como recomendable afectar a esta actividad la cuadrilla 9 [4 * 2] (2 cuadrillas [2 * 1] independientes una de otra).

La posibilidad de contar hoy con poderosas planillas de cálculo, facilita en gran medida el trabajo en la confección de los cuadros propuestos, permitiendo realizar sucesivos tanteos que permitirán adoptar los resultados que hagan más eficiente el puesto de trabajo que se estudie (Figuras 6 y 7 en Anexo).

La aplicación de la metodología expuesta, solamente brinda al profesional una orientación en la búsqueda de la cuadrilla óptima siendo necesario un posterior análisis de todos los condicionantes que se presentan en cada caso para adoptar la decisión final.

No obstante, los resultados numéricos obtenidos no agotan en modo alguno los elementos a tener en consideración para seleccionar la conformación de cuadrilla más apropiada para ejecutar la actividad.

REFERENCIAS

Chandías, M.E.; Ramos, J. M. (2009). Cómputo y presupuestos. Editorial Alsina.

Vázquez Cabanillas, C. E.; De La Torre, Jorge (1983). Fascículo 5 CIRCOT. *Estándares de insumos de mano de obra*.

Anexo

Tabla 1

Cálculo exacto de los desperdicios, tiempos de ejecución y costos (Mano de Obra Directa)
Actividad: Revoque a la cal – enlucido.
Datos: C_{of} = 0,22 *h/m2* C_{ay} = 0,08 *h/m2* γ_i = 2,75 P = 345 m2 7,50 *h/J* *Salarios Oficial 40 $/H Ayudante 34 $/H*

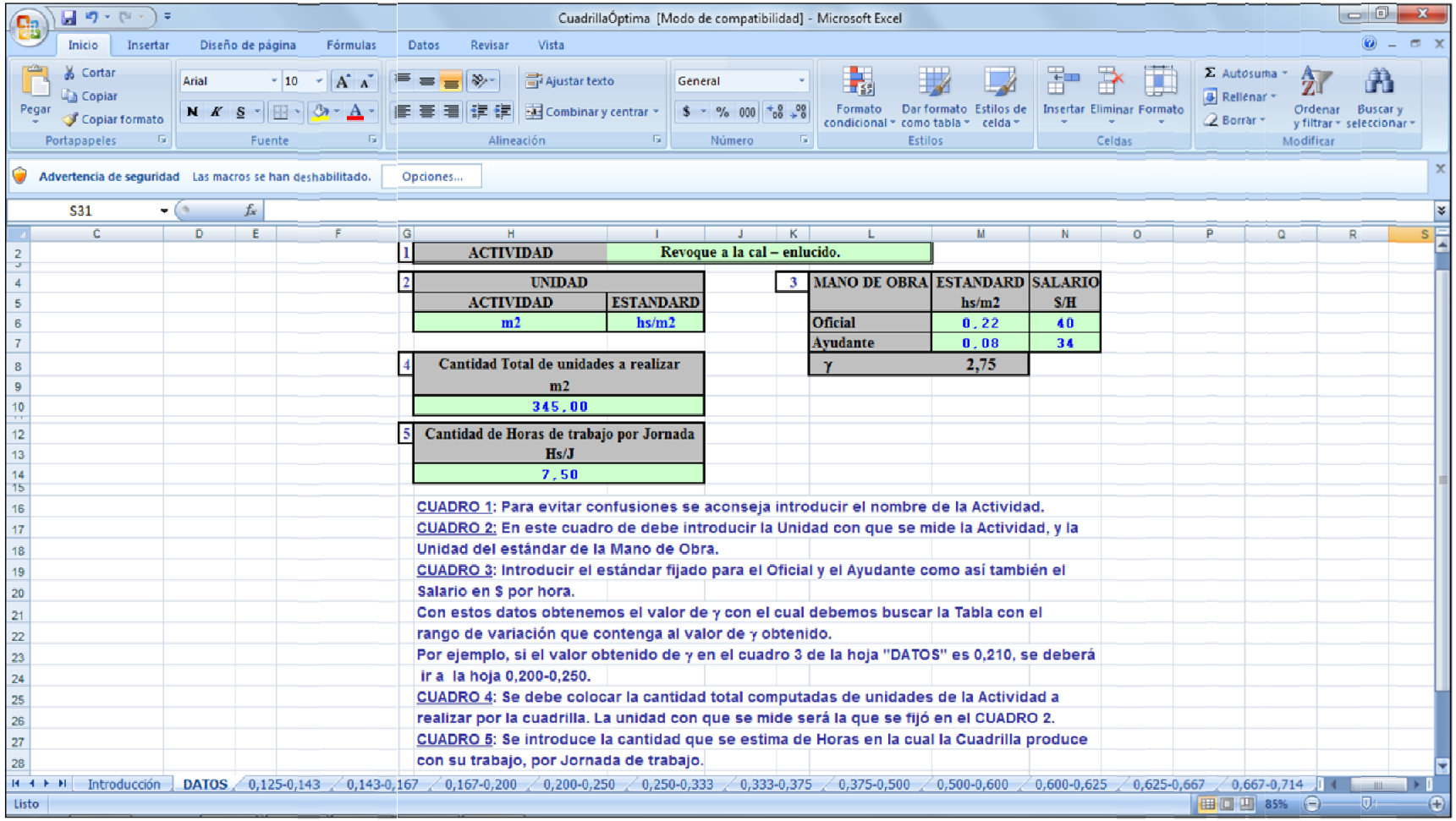
ALTERNATIVAS			TIEMPO NECESARIO		TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN		TIEMPO DISPONIBLE		DESPERDICIOS HORARIOS		DESPERDICIOS TOTALES					COSTOS $ AR
Nº	CUADRILLA		T^N_{of}	T^N_{ay}	T^E	T^E	T^D_{of}	T^D_{ay}	d^H_{of}	d^H_{ay}	d_{of}	d_{ay}	d_{of}	d_{ay}	d_E	C
	OF	AY	h_{of}	h_{ay}	J	H	h_{of}	h_{ay}	h_{of}/H	h_{ay}/H	h_{of}	h_{ay}	J_{of}	J_{ay}	JE_{ay}	JE_{ay}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	2	1	75,90	27,60	5,05	37,95	75,90	37,95	-	0,27	-	10,35	-	1,38	1,38	4.326,30
2	3	1	75,90	27,60	3,68	27,60	82,80	27,60	0,25	-	6,90	-	0,92	-	1,09	4.250,40
3	5	2	75,90	27,60	2,02	15,18	75,90	30,36	-	0,18	-	2,76	-	0,37	0,37	4.068,24
4	1	1	75,90	27,60	10,12	75,90	75,90	75,90	-	0,64	-	48,30	-	6,44	6,44	5.616,60
5	3	2	75,90	27,60	3,37	25,30	75,90	50,60	-	0,91	-	23,00	-	3,07	3,07	4.756,40
6	4	1	75,90	27,60	3,68	27,60	110,40	27,60	1,25	-	34,50	-	4,60	-	5,43	5.354,40
7	7	2	75,90	27,60	1,84	13,80	96,60	27,60		-	20,70	-	2,76	-	3,26	4.802,40
8	7	3	75,90	27,60	1,45	10,84	75,90	32,53	0,45	0,45	-	4,93	-	0,66	0,66	4.141,97
9	4	2	75,90	27,60	2,53	18,98	75,90	37,95	0,55	0,55	-	10,35	-	1,38	1,38	4.326,30
10	6	2	75,90	27,60	1,84	13,80	82,80	27,60	-	-	6,90	-	0,92	-	1,09	4.250,40

Tabla 2

Cuadrilla a seleccionar en función de los valores que adopta el coeficiente □

INTERVALO DE VARIACIÓN DE γ	CUADRILLAS BÁSICAS A SELECCIONAR
0,125 - 0,143	(1 * 7)
0,143 - 0,167	(1 * 6) (1 * 7)
0,167 - 0,200	(1 * 5) (1 * 6)
0,200 - 0,250	(1 * 4) (1 * 5)
0,250 - 0,333	(1 * 3) (1 * 4) (2 * 7)
0,333 - 0,375	(1 * 2) (1 * 3) (2 * 5)
0,375 - 0,500	(1 * 2) (1 * 3) (2 * 5) (3 * 7)
0,500 - 0,600	(1 * 1) (1 * 2) (2 * 3) (3 * 5) (4 * 7)
0,600 - 0,625	(1 * 1) (1 * 2) (2 * 3) (3 * 4) (3 * 5) (4 * 7)
0,625 - 0,667	(1 * 1) (1 * 2) (2 * 3) (3 * 4) (3 * 5) (4 * 7) (5 * 7)
0,667 - 0,714	(1 * 1) (1 * 2) (2 * 3) (3 * 4) (3 * 5) (4 * 5) (5 * 7)
0,714 - 0,750	(1 * 1) (1 * 2) (2 * 3) (3 * 4) (3 * 5) (4 * 5) (5 * 6) (5 * 7)
0,750 - 0,833	(1 * 1) (1 * 2) (2 * 3) (3 * 4) (4 * 5) (5 * 6) (5 * 7) (6 * 7)
0,833 - 1,000	(1 * 1) (1 * 2) (2 * 3) (3 * 4) (4 * 5) (5 * 6) (6 * 7)
1,000 - 1,200	(1 * 1) (2 * 1) (3 * 2) (4 * 3) (5 * 4) (6 * 5) (7 * 6)
1,200 - 1,333	(1 * 1) (2 * 1) (3 * 2) (4 * 3) (5 * 4) (6 * 5) (7 * 5) (7 * 6)
1,333 - 1,400	(1 * 1) (2 * 1) (3 * 2) (4 * 3) (5 * 3) (5 * 4) (6 * 5) (7 * 5)
1,400 - 1,500	(1 * 1) (2 * 1) (3 * 2) (4 * 3) (5 * 3) (5 * 4) (7 * 5)
1,500 - 1,600	(1 * 1) (2 * 1) (3 * 2) (4 * 3) (5 * 3) (7 * 4) (7 * 5)
1,600 - 1,667	(1 * 1) (2 * 1) (3 * 2) (4 * 3) (5 * 3) (7 * 4)
1,667 - 2,000	(1 * 1) (2 * 1) (3 * 2) (5 * 3) (7 * 4)
2,000 - 2,667	(2 * 1) (3 * 1) (5 * 2) (7 * 3)
2,667 - 3,000	(2 * 1) (3 * 1) (5 * 2)
3,000 - 4,000	(3 * 1) (4 * 1) (7 * 2)
4,000 - 5,000	(4 * 1) (5 * 1)
5,000 - 6,000	(5 * 1) (6 * 1)
6,000 - 7,000	(6 * 1) (7 * 1)
7,000 - 8,000	(7 * 1)

NOTA: En las cuadrillas a seleccionar, también deben tenerse en cuenta las que son múltiplos enteros de las cuadrillas básicas. Ejemplo: Donde figure la cuadrilla básica (2 * 1), no aparecen las cuadrillas (4 * 2) y (6 * 3) ya que son múltiplos.



1	ACTIVIDAD	Revoque a la cal – enlucido.

2	UNIDAD	
	ACTIVIDAD	ESTANDARD
	m2	hs/m2

3	MANO DE OBRA	ESTANDARD hs/m2	SALARIO $/H
	Oficial	0,22	40
	Ayudante	0,08	34
	γ	2,75	

4	Cantidad Total de unidades a realizar m2
	345,00

5	Cantidad de Horas de trabajo por Jornada Hs/J
	7,50

CUADRO 1: Para evitar confusiones se aconseja introducir el nombre de la Actividad.
CUADRO 2: En este cuadro de debe introducir la Unidad con que se mide la Actividad, y la Unidad del estándar de la Mano de Obra.
CUADRO 3: Introducir el estándar fijado para el Oficial y el Ayudante como así también el Salario en $ por hora.
Con estos datos obtenemos el valor de γ con el cual debemos buscar la Tabla con el rango de variación que contenga al valor de γ obtenido.
Por ejemplo, si el valor obtenido de γ en el cuadro 3 de la hoja "DATOS" es 0,210, se deberá ir a la hoja 0,200-0,250.
CUADRO 4: Se debe colocar la cantidad total computadas de unidades de la Actividad a realizar por la cuadrilla. La unidad con que se mide será la que se fijó en el CUADRO 2.
CUADRO 5: Se introduce la cantidad que se estima de Horas en la cual la Cuadrilla produce con su trabajo, por Jornada de trabajo.

Figuras 6 y 7. Cálculo exacto de los desperdicios, tiempo de ejecución y costos (mano de obra directa) en planilla de cálculo Excel. Actividad: Revoque a la cal – enlucido.

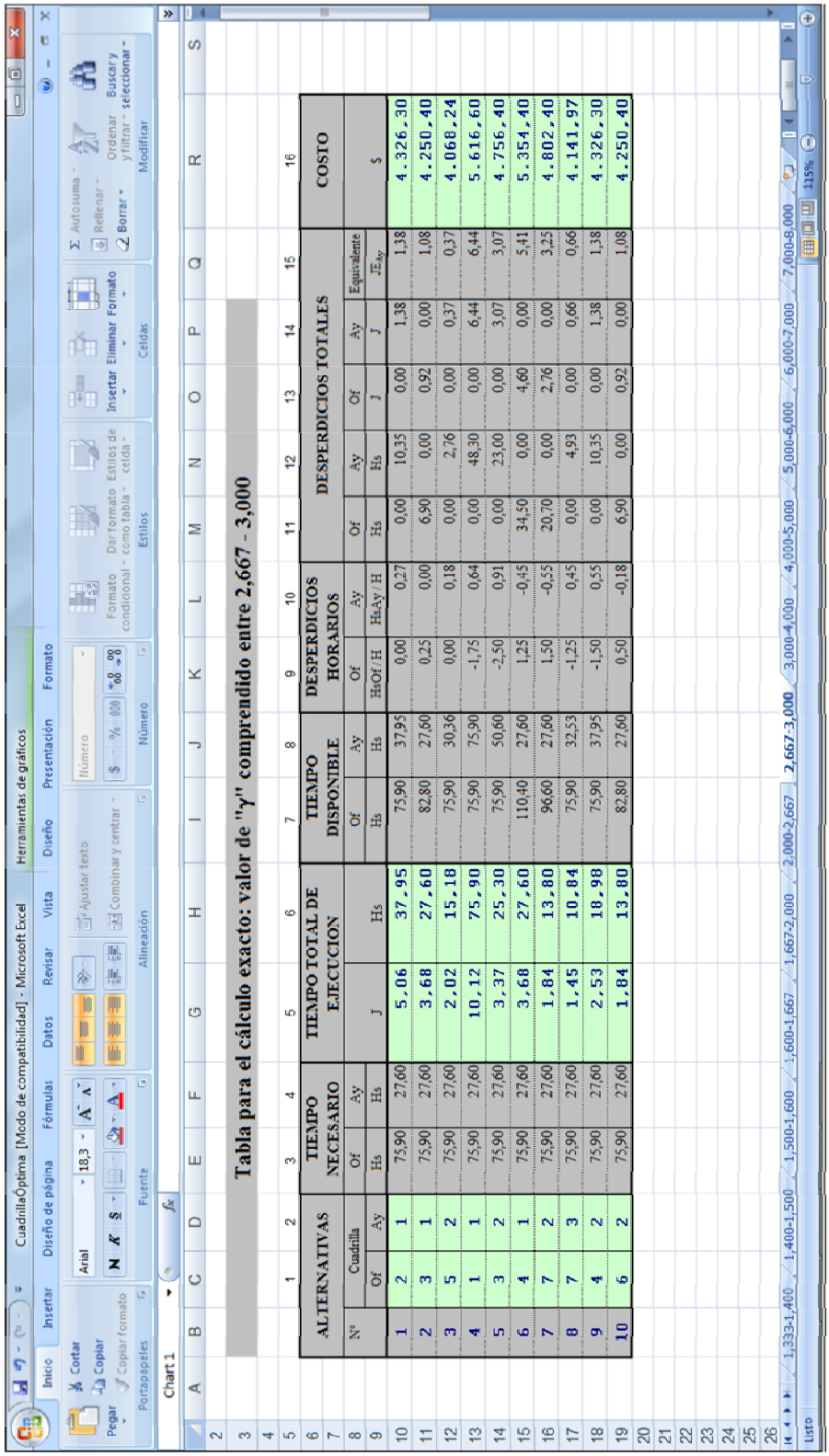


Tabla para el cálculo exacto: valor de "γ" comprendido entre 2,667 - 3,000

	ALTERNATIVAS		TIEMPO NECESARIO		TIEMPO TOTAL DE EJECUCION		TIEMPO DISPONIBLE		DESPERDICIOS HORARIOS		DESPERDICIOS TOTALES				COSTO
Nº	Cuadrilla														
	Of	Ay	Of	Ay	J	Hs	Of	Ay	Of	Ay	Of	Ay	Ay	Equivalente	
			Hs	Hs			Hs	Hs	HsOf / H	HsAy / H	Hs	Hs	J	J_{Ay}	$
1	2	1	75,90	27,60	5,06	37,95	75,90	37,95	0,00	0,27	0,00	10,35	0,00	1,38	4.326,30
2	3	1	75,90	27,60	3,68	27,60	82,80	27,60	0,25	0,00	6,90	0,00	0,92	0,00	1,08	4.250,40
3	5	2	75,90	27,60	2,02	15,18	75,90	30,36	0,00	0,18	0,00	2,76	0,00	0,37	0,37	4.068,24
4	1	1	75,90	27,60	10,12	75,90	75,90	75,90	-1,75	0,64	0,00	48,30	0,00	6,44	6,44	5.616,60
5	3	2	75,90	27,60	3,37	25,30	75,90	50,60	-2,50	0,91	0,00	23,00	0,00	3,07	3,07	4.756,40
6	4	1	75,90	27,60	3,68	27,60	110,40	27,60	1,25	-0,45	34,50	0,00	4,60	0,00	5,41	5.354,40
7	7	2	75,90	27,60	1,84	13,80	96,60	27,60	1,50	-0,55	20,70	0,00	2,76	0,00	3,25	4.802,40
8	7	3	75,90	27,60	1,45	10,84	75,90	32,53	-1,25	0,45	0,00	4,93	0,00	0,66	0,66	4.141,97
9	4	2	75,90	27,60	2,53	18,98	75,90	37,95	-1,50	0,55	0,00	10,35	0,00	1,38	1,38	4.326,30
10	6	2	75,90	27,60	1,84	13,80	82,80	27,60	0,50	-0,18	6,90	0,00	0,92	0,00	1,08	4.250,40

Figura 7.

Este documento debe citarse como: Navas R. F., Ridl M. R., Torés L. (2012). **Mano de obra en la construcción: determinación de la cuadrilla óptima por medio de una herramienta de simulación**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 16-2, pp 151-163, ISSN 1665-529-X.