



Universidad Nacional de Tucumán
Facultad de Ciencias Económicas
Instituto de Administración

XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración



ASIGNACIÓN EFICIENTE DE GRUPOS DE TRABAJO Y DETERMINACIÓN DE LA TASA DE LLEGADAS DE ACTAS EN "ELEGIMOS"

Trabajo de Campo-ACN I

2023

Integrantes del Grupo

- Hoppe, Ana Paula
- Nickler, Emanuel Sebastian
- Rodríguez, Franco Emanuel
- Salica, Agustina Denisse





**ASIGNACIÓN EFICIENTE DE GRUPOS DE TRABAJO Y DETERMINACIÓN DE LA TASA DE
LLEGADAS DE ACTAS EN “ELEGIMOS”**

Aplicación de métodos de análisis cuantitativo

pauhoppe1024@gmail.com - nickler.emanuel@gmail.com- francoemanuel7@gmail.com -

agustinasalica1274@gmail.com

ÍNDICE

1-Resumen.....	3
2-Introducción.....	4
3-Planteamiento del Problema.....	5
4-Objetivos.....	5
5-Marco Metodológico.....	6
6-Marco Teórico.....	6
7-Desarrollo de los modelos.....	10
8-Conclusiones.....	18
9-Bibliografía.....	19



1-Resumen

“ELEGIMOS” es el organismo encargado de organizar, arbitrar, fiscalizar y controlar los procesos de elección de autoridades de la provincia rigiéndose por la Constitución, la Ley Electoral (Nº 7876) y de los Partidos Políticos (Nº 5454) para garantizar a la ciudadanía su derecho a ejercer la democracia.

El presente trabajo tiene el objetivo general determinar la mezcla de trabajadores por grupo (control, carga y verificación) para maximizar la eficiencia de carga y asegurar un correcto desarrollo del escrutinio y digitalización de actas del organismo.

Este estudio utiliza un enfoque cuantitativo de diseño no experimental de corte transversal con alcance descriptivo. Esto es así porque se utilizarán los datos recolectados en un momento específico sin manipular ni alterar los mismos. El muestreo empleado es no probabilístico por conveniencia.

Para modelar la situación problemática se hizo uso de herramientas como la programación lineal con Excel como soporte y en el caso de las filas de espera se utilizó el software Arena, para un completo análisis del problema.

Palabras Clave: Variables de Decisión – Maximizar– Programación Lineal – Filas de espera–



2-Introducción

“ELEGIMOS” es el organismo encargado de organizar, arbitrar, fiscalizar y controlar los procesos de elección de autoridades de la provincia rigiéndose por la Constitución, la Ley Electoral (Nº 7876) y de los Partidos Políticos (Nº 5454) para garantizar a la ciudadanía su derecho a ejercer la democracia.

Luego de haberse consumado las elecciones y el escrutinio provisorio, el cual tiene una duración de veinticuatro horas y es realizado por una empresa externa, se lleva a cabo el proceso de **escrutinio definitivo**. En esta etapa los fiscales de los partidos políticos junto con la autoridad designada por la Junta realizan un repaso sobre las actas en donde están contenidos los resultados de la votación por cargo y lista de candidatos. Luego de haber verificado que los números son correctos y de que todas las partes firman en conformidad, el acta es enviada al área de cómputos en donde deberá ser digitalizada. El proceso que se sigue es el siguiente:

1. Al llegar el acta es asentada en el sistema con el número que figura en ella.
2. Luego es recibida por el sector de CARGA. En donde se lleva a cabo la primera carga de datos.
3. En segunda instancia se pasa al acta para que vuelva a ser subida al sistema pero ahora por el grupo de CONTROL.
4. Por último, los integrantes de VERIFICACIÓN cargan los resultados que están contenidos en el acta y se imprime el reporte de los datos que figuran en el servidor del escrutinio.

Se hace un último control manual del acta junto con el reporte emitido en verificación y se publican los resultados. Esto pasa a estar disponible para la ciudadanía en general y ya no es posible de ser modificado. Así es que quedan establecidos qué candidatos son los que cuentan con la mayoría de votos para llegar a ser electos.



3-Planteamiento del Problema

El equipo del área de Sistemas de la organización tiene la responsabilidad de llevar a cabo la digitalización y posterior publicación de los resultados de las elecciones provinciales contenidos en las actas procesadas en el escrutinio definitivo. Para dicha tarea la Mesa Ejecutiva de “ELEGIMOS” estableció un plazo de días donde se espera finalizar con el procesamiento de las. Además se espera que la tarea sea realizada de manera precisa y eficiente asegurando la legitimidad del proceso por la importancia social que reviste.

Es así que surgen las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cómo deberían estar formados los trabajadores para un desarrollo eficiente del escrutinio?
2. ¿Cuál es la eficiencia de carga de datos de los trabajadores?
3. ¿Cómo se puede modelizar la situación problemática?

4-Objetivos

Objetivo General: Determinar la mezcla de trabajadores por grupo (control, carga y verificación) para maximizar la eficiencia de carga y asegurar un correcto desarrollo del escrutinio.

Objetivos Específicos

1. Estimar la eficiencia de carga de datos de los trabajadores.
2. Plantear modelos con sus respectivos supuestos y restricciones.
3. Verificar si el plazo establecido por “ELEGIMOS” se corresponde con los recursos disponibles.

Esto da lugar al siguiente marco metodológico:



5-Marco Metodológico

Este estudio utiliza un enfoque cuantitativo de diseño no experimental de corte transversal con alcance descriptivo. Esto es así porque se utilizarán los datos recolectados en un momento específico sin manipular ni alterar los mismos. El muestreo empleado es no probabilístico por conveniencia.

Como técnicas de recolección se hará uso de:

- Entrevista semiestructurada al encargado del sector.
- Datos Secundarios (base de datos suministrada por la organización bajo análisis).
- Observación.

6-Marco Teórico

ANÁLISIS CUANTITATIVO

Render, Stair & Hanna (2012) definen el análisis cuantitativo como el enfoque científico de la toma de decisiones administrativas. Este enfoque comienza con datos. Al igual que con la materia prima para una fábrica, los datos se manipulan o se procesan para convertirlos en información para quienes toman decisiones. Este proceso y manipulación de los datos convertidos en información significativa son la esencia del análisis cuantitativo.

Enfoque del análisis cuantitativo

Consiste en definir un problema, desarrollar un modelo, obtener los datos de entrada, desarrollar una solución, probar la solución, analizar los resultados e implementarlos. No es necesario que un paso termine por completo antes de comenzar el siguiente; en la mayoría de los casos, uno o más de dichos pasos se modificarán en alguna medida antes de implementar los resultados finales. Esto ocasionará que cambien todos los pasos subsecuentes. Algunas veces, las pruebas de la solución podrían dejar ver que el modelo o los datos de entrada no son



correctos, lo cual significaría que todos los pasos siguientes en la definición del problema deberían modificarse.

PROGRAMACIÓN LINEAL

Autores como Render, Stair & Hanna (2012) presentan la programación lineal (PL) como una técnica de modelado matemático ampliamente utilizada, que está diseñada para ayudar a los gerentes en la planeación y toma de decisiones respecto a la asignación de recursos.

Todos los problemas buscan maximizar o minimizar alguna cantidad y nos referimos a esta propiedad como la función objetivo de un problema de PL; en todo caso, el objetivo se debe establecer con claridad y definir matemáticamente.

La segunda propiedad que los problemas de PL tienen en común es la presencia de limitaciones o restricciones, que acotan el grado en que se puede alcanzar el objetivo. Además, tienen que existir cursos de acción alternativos para elegir.

Los objetivos y las restricciones en los problemas de PL se deben expresar en términos de ecuaciones o desigualdades lineales. Las relaciones matemáticas lineales tan solo significan que todos los términos utilizados en la función objetivo y en las restricciones son de primer grado (es decir, no se elevan al cuadrado, al cubo o a una potencia mayor, ni se presentan más de una vez). El término lineal implica tanto proporcionalidad como adición, se supone que existen condiciones de certeza, es decir, se conocen con certeza el número en el objetivo y en las restricciones, y no cambia durante el periodo de estudio. Por último, se supone que todas las respuestas o las variables son no negativas.

PROGRAMACIÓN ENTERA

Un modelo de programación entera es un modelo que tiene restricciones y una función objetivo idénticas a las formuladas por la PL. La única diferencia es que una o más de las



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

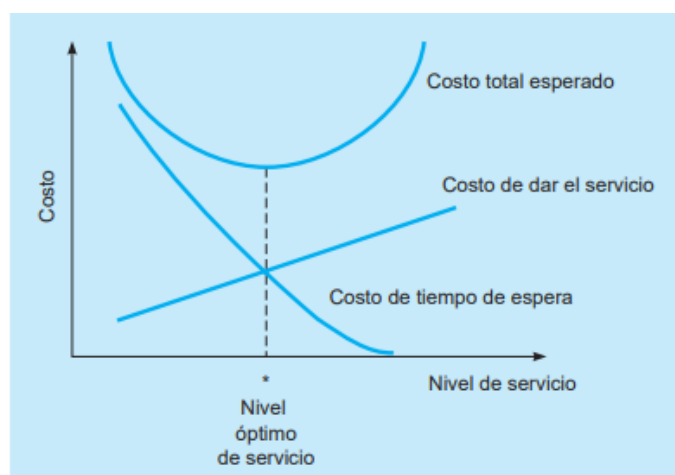
variables de decisión tienen que tomar un valor entero en la solución final. Existen tres tipos de problemas de programación entera:

1. Los problemas de programación entera pura son casos donde se requiere que todas las variables tengan valores enteros.
2. Los problemas de programación entera mixta; son casos en los cuales se requiere que algunas variables de decisión, aunque no todas, tengan valores enteros.
3. Los problemas de programación entera cero-uno (binarias), son casos especiales donde todas las variables de decisión deben tener valores de solución enteros de 0 o 1. En general, a una variable 0-1 se le asigna un valor de 0 si no se satisface una cierta condición, y 1 si se satisface la condición.

LÍNEAS DE ESPERA - TEORÍA DE COLAS

El estudio de líneas de espera, llamado teoría de colas, es una de las técnicas de análisis cuantitativo más antiguas. Los tres componentes básicos de un proceso de colas son las llegadas, las instalaciones de servicio y la línea de espera real.

Título: Costos en modelo líneas de espera.



Fuente: Método cuantitativo de negocios- Render, Stair & Hanna (2012).



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

La mayoría de los problemas de líneas de espera se centran en la cuestión de encontrar el nivel ideal de servicio que debería proporcionar una empresa, en la mayoría de los casos, este nivel de servicio es una opción sobre la cual la administración tiene cierto control.

Cuando una organización en verdad tiene el control, por lo general, su objetivo es encontrar un punto medio entre dos extremos. Por un lado, una organización puede tener un gran número de personal y ofrecer muchas instalaciones de servicio. Tales factores suelen dar como resultado un excelente servicio al cliente, los clientes se mantienen contentos con la respuesta rápida y aprecian la comodidad. Sin embargo, esto quizá resulte demasiado costoso. El otro extremo es tener el mínimo número de servidores lo cual reduce el costo del servicio, aunque podría resultar en la insatisfacción en los clientes.

Conforme aumenta la longitud promedio de la cola, y como resultado se da un servicio deficiente, se podrían perder clientes y su buena voluntad. Por lo tanto se reconoce que se debe alcanzar el equilibrio entre el costo de dar un buen servicio y el costo del tiempo de espera de los clientes.

Características de Llegada

La fuente de entrada que genera las llegadas o los clientes al sistema de servicio muestra tres características principales. Es importante considerar el tamaño de la población potencial, el patrón de llegadas al sistema de colas y el comportamiento de las llegadas.

Características de las líneas de espera

La línea de espera en sí misma es el segundo componente de un sistema de colas. La longitud de la fila puede ser limitada o ilimitada. Una cola es limitada cuando no puede, por la ley de las restricciones físicas, aumentar hasta un tamaño infinito; una cola es ilimitada cuando su tamaño no está restringido.



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

Una segunda característica de las líneas de espera está relacionada con la disciplina en la cola, que se refiere a la regla con la cual los clientes que están en la línea van a recibir el servicio. La mayoría de los sistemas utilizan la regla de primeras entradas, primeras salidas (PEPS).

Características de las instalaciones de servicio

La tercera parte de cualquier sistema de colas son las instalaciones de servicio. Es importante examinar dos propiedades básicas:

1. la configuración del sistema de servicio, generalmente se clasifican en términos del número de canales, o del número de servidores, y el número de fases o de número de paradas de servicio, que deben realizarse.
2. el patrón de los horarios de servicio, los cuales pueden ser constantes o aleatorios.

7-Desarrollo de los modelos.

Programación Lineal Binaria

Considerando el problema de asignación planteado se definen las siguientes variables:

CAX_i { 1 si el colaborador X_i es asignado al grupo de carga.
0 si no es asignado al grupo de carga.
con $i=1, 2, 3, \dots, 20$

COX_i { 1 si el colaborador X_i es asignado al grupo de control.
0 si no es asignado al grupo de control.
con $i=1, 2, 3, \dots, 20$

VX_i { 1 si el colaborador X_i es asignado al grupo de verificación.



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

0 si no es asignado al grupo de verificación.

con $i=1, 2, 3, \dots, 20$

A cada trabajador se le asigna una puntuación en base a su velocidad y precisión de tipeo considerando la importancia de dichas variables en los distintos grupos a los que puede ser asignado.

Tabla N°1: Datos del desempeño de los trabajadores.

COLABORADOR	VELOCIDAD PONDERADA (%)	PRECISIÓN(%)
X_1	84.44	97
X_2	82.22	97
X_3	60.00	97
X_4	66.67	96
X_5	82.22	97
X_6	86.67	96
X_7	62.22	97
X_8	77.78	98
X_9	60.00	97
X_{10}	86.67	99
X_{11}	51.11	97
X_{12}	97.78	98
X_{13}	37.78	95
X_{14}	88.89	97
X_{15}	100.00	98



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

X ₁₆	97.78	99
X ₁₇	88.89	97
X ₁₈	84.44	98
X ₁₉	82.22	98
X ₂₀	44.44	98

Fuente: Base de datos suministrada por la organización.

De acuerdo al experto criterio de los jefes del sector, se pudo asignar los siguientes pesos relativos a las medidas de desempeño según la actividad a desarrollar y se procedió al armado de una tabla para ponderar las mismas:

Tabla N°2: Peso de las variables por actividad.

VARIABLE	CARGA	CONTROL	VERIFICACIÓN
Velocidad	0.6	0.5	0.4
Precisión	0.4	0.5	0.6

Fuente: Elaboración propia.

A partir de realizar el producto de los correspondientes datos de cada empleado con el peso que se le da a las medidas de desempeño por cada tarea se obtienen los siguientes puntajes que servirán de coeficientes objetivos.

Tabla N°3: Puntajes de eficiencia de los trabajadores.

Colaborador	CARGA	CONTROL	VERIFICACIÓN
X ₁	89.47	90.72	91.98
X ₂	88.13	89.61	91.09



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

X ₃	74.80	78.50	82.20
X ₄	78.40	81.33	84.27
X ₅	88.13	89.61	91.09
X ₆	90.40	91.33	92.27
X ₇	76.13	79.61	83.09
X ₈	85.87	87.89	89.91
X ₉	74.80	78.50	82.20
X ₁₀	91.60	92.83	94.07
X ₁₁	69.47	74.06	78.64
X ₁₂	97.87	97.89	97.91
X ₁₃	60.67	66.39	72.11
X ₁₄	92.13	92.94	93.76
X ₁₅	99.20	99.00	98.80
X ₁₆	98.27	98.39	98.51
X ₁₇	92.13	92.94	93.76
X ₁₈	89.87	91.22	92.58
X ₁₉	88.53	90.11	91.69
X ₂₀	65.87	71.22	76.58

Fuente: elaboración propia.

Es así que el modelo contiene 60 variables de decisión(VD) del tipo binarias.

FO: Max. eficiencia de los grupos de trabajo = $\sum CA Xi + \sum CO Xi + \sum V Xi$ con

$i=1,2,3,\dots,20.$

Restricciones



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

1. Política: La asignación de un colaborador es excluyente entre un grupo y otro. Es decir, cada colaborador puede formar parte de un solo grupo. Si está en carga no puede estar en control ni verificación y viceversa. (Totalizan 20 restricciones).

$$R: CA Xi + CO Xi + V Xi = 1 \text{ con } i=1,2,3,\dots,20$$

2. Capacidad: En el grupo de carga deben asignarse al menos seis personas por cuestiones de organización del espacio físico.

$$R: \sum CA Xi \geq 6 \text{ con } i=1,2,3,\dots,20$$

3. Capacidad: En el grupo de control deben asignarse al menos seis personas por cuestiones de organización del espacio físico.

$$R: \sum CO Xi \geq 6 \text{ con } i=1,2,3,\dots,20$$

4. Capacidad: En el grupo de verificación deben asignarse al menos cinco personas por cuestiones de organización del espacio físico.

$$R: \sum V Xi \geq 5 \text{ con } i=1,2,3,\dots,20$$

5. Demanda: Dado el número de actas que ingresan por día para ser cargadas en el sistema la demanda de palabras por minuto en carga es de al menos 228.

$$R: \sum Velocidad_i * CA Xi \geq 228 \text{ con } i=1,2,3,\dots,20$$

6. Demanda: Dado el número de actas que ingresan por día para ser cargadas en el sistema la demanda de palabras por minuto en control es de al menos 192.

$$R: \sum Velocidad_i * CO Xi \geq 192 \text{ con } i=1,2,3,\dots,20$$

7. Demanda: Dado el número de actas que ingresan por día para ser cargadas en el sistema la demanda de palabras por minuto en verificación es de al menos 140.

$$R: \sum Velocidad_i * V Xi \geq 140 \text{ con } i=1,2,3,\dots,20$$

8. Todas las VD son binarias { 0, 1 }



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

Resolución con Solver de Excel:

- El valor de la FO, que representa el máximo puntaje de eficiencia alcanzada por todos los colaboradores en los 3 grupos es de 1772,9.
- El grupo de carga quedó compuesto por seis integrantes
- El grupo de control se integra de seis personas.
- El grupo de verificación formado por ocho colaboradores

Tabla N°4: Asignación de colaboradores maximizando la eficiencia.

CARGA	CONTROL	VERIFICACIÓN
X_1	X_2	X_3
X_{12}	X_5	X_4
X_{14}	X_6	X_7
X_{15}	X_{10}	X_8
X_{16}	X_{18}	X_9
X_{17}	X_{19}	X_{11}
		X_{13}
		X_{20}

Fuente: Elaboración Propia.

Al consultar la base de datos suministrada por la organización se buscó verificar que las restricciones planteadas en el modelo de programación lineal han sido cumplidas de manera satisfactoria.



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

Así se logró confirmar que efectivamente en el grupo de carga quedaron aquellos colaboradores que se destacan por su velocidad de tipeo lo que los hace idóneos para tal función. A su vez, en el equipo de verificación el solver asignó a los trabajadores que presentan un mayor nivel de precisión en el tipeo lo cual es lo que se espera para desempeñar dicha tarea. Por último, quedaron agrupados en control aquellas personas que alcanzan un nivel medio tanto en rapidez como en precisión en la carga de datos.

FILAS DE ESPERA - SOFTWARE ARENA

La capacidad de procesamiento de palabras por cada grupo, de acuerdo a los datos recolectados, se muestra como sigue:

- Carga: 251 palabras por minuto/ 15.060 palabras por hora.
- Control: 227 palabras por minutos/ 13.620 palabras por hora.
- Verificación: 207 palabras por minuto/ 12.420 palabras por hora.

Teniendo en cuenta las palabras por minuto (PPM) que cada grupo puede alcanzar de acuerdo a los resultados del modelo de Programación Binaria aplicado y de acuerdo a la información brindada por el experto de que todas las actas poseen en total de 500 palabras, se calculan los siguientes tiempos promedio de servicio:

- Tiempo promedio de servicio (μ) en carga 30 actas por hora.
- Tiempo promedio de servicio (μ) en control 27 actas por hora.
- Tiempo promedio de servicio (μ) en verificación 25 actas por hora.

Simulación 1

Supuestos:

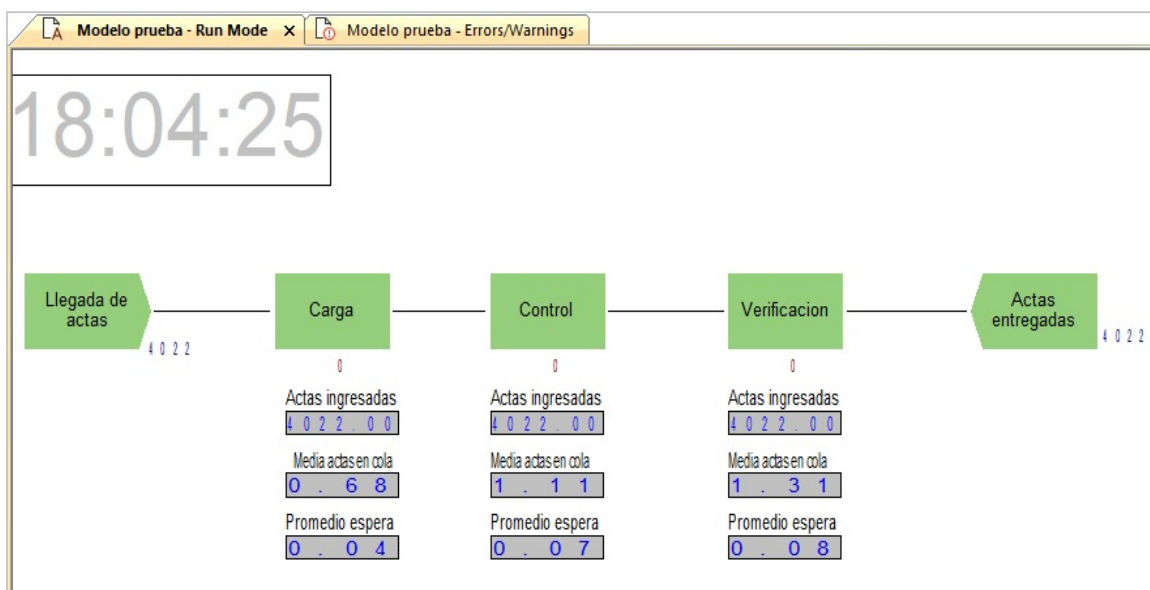
- Distribución exponencial entre llegadas.
- La simulación se llevará a cabo por la cantidad de horas necesarias para terminar con la cantidad de actas totales (4022)



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

- La hora de inicio es a las 08:00 AM.
- La disciplina de la fila sigue el método PEPS.
- Tasas de llegada de actas (λ) 17 por hs.
- Tiempo entre llegada ($1/\lambda$) 1 llegada cada 3,6 minutos.

Título: Simulación de filas de espera con datos proporcionados por el experto.



Fuente: Elaboración propia con Software ARENA.

Los datos con los que se realiza la presente simulación se toman del juicio del experto en el proceso. Con la tasa de llegadas (λ) propuesta en primera instancia no se puede cumplir con el plazo objetivo de días propuesto para llevar a cabo el escrutinio. Se utilizan un total de 240 horas lo que representa 20 jornadas de trabajo (1 jornada=12 horas). La brecha de 6 días que existe entre lo planeado y lo realmente posible de concretar se traducen no solo en horas de trabajo extra sino también en costos como los relacionados con la remuneración del equipo de cómputo.



**XIII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

Resulta importante aclarar que los colaboradores del área cuentan con las habilidades necesarias para cumplir el objetivo. El problema está asociado con el equipo que recibe en primera instancia las actas y luego de verificarlas las pasa al departamento bajo análisis.

Simulación 2

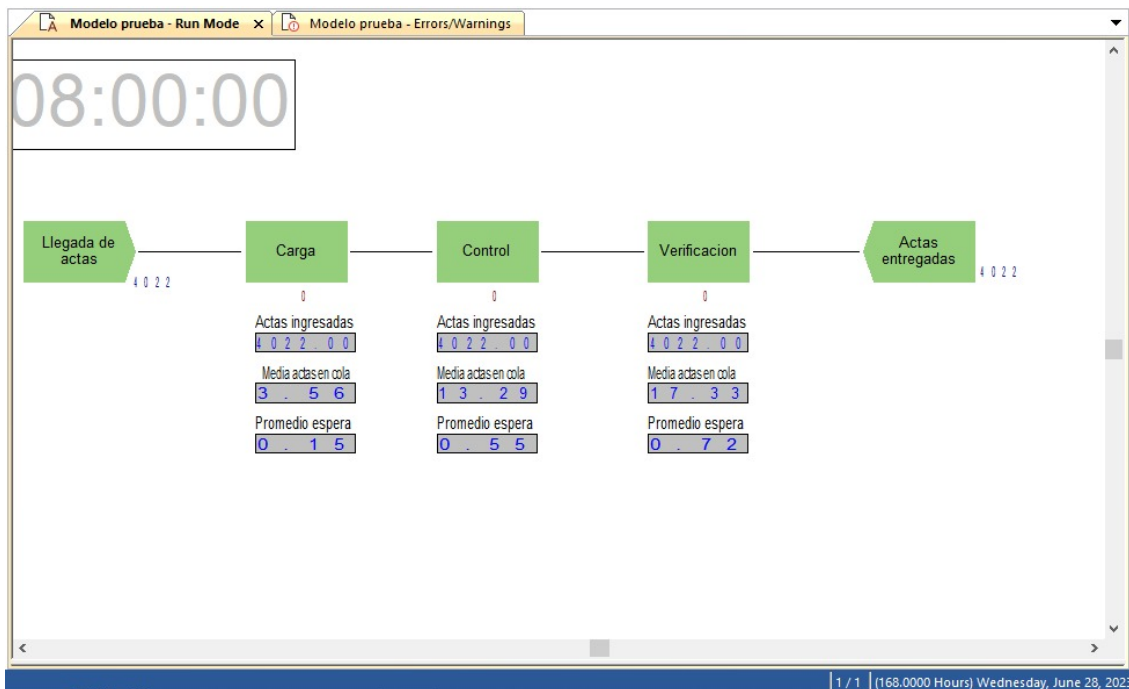
Luego de realizar varias pruebas se propone el siguiente modelo de filas de espera con los supuestos que se enumeran a continuación. El cual representa la situación que idealmente se debería dar para que el objetivo planteado por la mesa ejecutiva de “Elegimos” de realizar el escrutinio en 14 días sea una realidad y no solo un deseo.

Supuestos:

- Distribución exponencial entre llegadas.
- La simulación se llevará a cabo por 168 horas que es tiempo de trabajo total propuesto (14 jornadas de 12 hs cada una)
- La hora de inicio es a las 08:00 AM.
- La disciplina de la fila sigue el método PEPS.
- Tasas de llegada de actas (λ) 24 por hs.
- Tiempo entre llegada ($1/\lambda$) 1 llegada cada 2,5 minutos

En esta situación en donde se pretende se ajusten los tiempos de llegada a un acta cada dos minutos y medio se logra aprovechar las capacidades del equipo de cómputo y cumplir con el procesamiento de las 4022 actas en un plazo de 14 días o 168 horas.

Título: Simulación de filas de espera con la situación ideal para cumplir el plazo objetivo.



Fuente: Elaboración propia con Software ARENA.

8-Conclusiones

El uso de modelos cuantitativos aplicados en este trabajo, demuestra la utilidad de los mismos, al poder optimizar la eficiencia en el desempeño total de los trabajadores de cada grupo, para poder cumplir con el objetivo de "Elegimos" en el plazo establecido. A su vez mediante el análisis de filas de espera podemos determinar la frecuencia ideal de llegada de actas para poder cumplir de manera oportuna el escrutinio, sin tener que aumentar el costo de servicio agregando más colaboradores a los grupos que se requieran.

Por otro lado, se pone en manifiesto el carácter de soporte para la toma de decisiones que tienen los distintos software, que facilitan la tarea de abstraer y modelizar para encontrar soluciones a problemas que pueda enfrentar una organización.



Como parte final de la conclusión, de lo mencionado anteriormente podemos resaltar la importancia de la aplicación de la investigación operativa en las organizaciones, mediante adquisición de personal capacitado para tal fin, o a través de la consultoría especializada.

9-Bibliografía

Anderson D., Sweeney D., Williams T., Camm J., Martin K (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios*. México DF, México. Cengage Learning.

Eppen G. (2000). *Investigación de operaciones para la ciencia administrativa*. México DF, México. Prentice-Hall.

Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cualitativas, cuantitativas y mixtas*. México. McGraw-Hill.

Hillier F., Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. México DF, México. Mc Graw-Hill.

Render B., Stair R Jr., Hanna M. E. (2012). *Métodos cuantitativos para los negocios*. Undécima edición. Pearson.

Taha H. (2012). *Investigación de operaciones*. México DF, México. Pearson.