

## ANEXO 2. APLICACIÓN DEL METODO DELPHI

### ILUSTRACIONES

<u>Ilustración 1: Evidencia Encuesta realizada por el autor</u> .....	3
---	---

### TABLAS

Tabla 1 Frecuencia. Por el Autor .....	6
Tabla 2 Frecuencia Acumulada. Por el Autor .....	6
Tabla 3 Frecuencia Relativa, Probabilidad Acumulada. Por el Autor .....	7
Tabla 4 Cálculo de Puntos de Cortes. Por el Autor.....	8

De acuerdo a lo indicado en el trabajo final, el método Delphi es la utilización sistemática del juicio intuitivo de un grupo de expertos con el fin de consensuar opiniones; este anexo incluye el ejercicio realizado a personal de compras, planeación e Ingeniería del área de la Vicepresidencia de proyectos de Ecopetrol entre los meses de marzo a Mayo de 2017, con el fin de complementar los resultados obtenidos en la simulación de abastecimiento a proyectos.

El método evaluó cualitativamente variables conocidas y sus posibles formas de comportamiento. Para este caso, el estudio se orientó hacia las consideraciones de la planeación de compras a proyectos en Ecopetrol, basado en experiencias pasadas en otros proyectos por los participantes en dicha metodología.

Entre las ventajas de la aplicación del método, se permite la formación de criterios con mayor grado de objetividad, donde los consensos obtenidos son confiables y con buena probabilidad de ser eficientes. Al ser un método anónimo, se garantizó un ambiente favorable evitando debates o conflictos entre los expertos. Desde el inicio de la actividad se involucró al experto con la solución del problema (para ello el participante manifestó su voluntad al ejercicio durante las encuestas realizadas).

La aplicación del método presentó alta demanda de tiempo para su aplicación, análisis y recopilación de datos; fue necesaria la realización de tres rondas para generar los consensos. Durante la realización de dichas actividades (encuestas) se buscó en el encuestado una buena disposición, participación y una constante comunicación con el moderador de la actividad, pese a la necesaria realización de seguimientos a las respuestas de las encuestas, bien sea por las ocupaciones de los participantes u olvidos durante su jornada laboral.

Experto es el individuo capaz de presentar juicios a una situación y desarrollar soluciones o recomendaciones a las mismas con un alto grado de objetividad y competencia.

De una “lista de candidatos expertos”, se consideraron criterios de selección en función de: experiencia, competencias de cargos afines, creatividad, disposición a participar, capacidad de análisis y pensamiento.

Para el desarrollo de esta labor se consideró experto a un grupo entre profesionales cuyo rol o trabajo, alcanzaba una experiencia objetiva en cargos afines con la planeación de compras y ejecución de las mismas con más de 5 años en dicha área. Por cuestiones de confidencialidad no se presentarán los nombres de las personas encuestadas.

A continuación, se presenta evidencia de la aplicación de la encuesta desarrollada vía correo electrónico por los expertos. En caso de que se requiera mayor detalle de aplicación las mismas podrá ser solicitada al autor (Esta información es restringida y debe ser usada solo con fines académicos por políticas de la compañía).

The image shows a screenshot of an Outlook email interface. The top navigation bar includes 'CIBIR', 'CARPETA', 'VISTA', and 'HERRAMIENTAS DE BÚSQUEDA' with a 'BUSCAR' button. The search bar contains the word 'encuesta'. The main area displays a list of emails with columns for 'ASUNTO', 'ENVIADO EL', 'TAMA...', and 'CATE...'. The selected email is from 'Juan Jose Acevedo Rueda' dated 'vie 07/04/2017 11:38 a.m.' with the subject 'encuesta académica'. The right-hand pane shows the content of this email, including a greeting, a thank you message, and contact information for Juan Jose Acevedo Rueda, Vicepresidencia de Ingeniería y Proyectos (VIP) at Ecopetrol. The email signature includes the Ecopetrol logo and the slogan 'Ingeniería con excelencia'.

*Ilustración 1: Evidencia Encuesta realizada por el autor*

Existen distintas técnicas para la valoración de consensos de expertos. Por razones de tiempo y extensión en este trabajo no se van analizar; se considerará conveniente explicar el método del modelo Matemático de Torgerson [32], dado que las escalas empleadas a los juicios y criterios valorados por los expertos son ordinales, es decir que pueden usarse para jerarquizar (ej. Indispensable, Muy Útil, Útil, no sirve, etc.) los parámetros que se aplicaron a este estudio.

Con el modelo Torgerson se da objetividad a los criterios de los expertos u otro personal encuestado, al convertir la escala ordinal en escala de intervalo (de cualitativo a cuantitativo).

“El modelo se sustenta en los siguientes supuestos:

- 1) Cada objeto (indicador) se corresponde con la dimensión subjetiva de una variable aleatoria distribuida normalmente, cuya media,  $m$ , es el valor de escala de ese objeto. Todas las varianzas son iguales.
- 2) Cada límite de categoría se corresponde con la dimensión subjetiva de una variable aleatoria distribuida normalmente, cuya media,  $t$ , es el valor de escala de ese límite. Todas las variables son iguales.
- 3) Las variables aleatorias que representan tanto a los objetos como a los límites, son independientes. Una variable no puede contener valores de otra.
- 4) Regla de decisión: un objeto pertenece a la  $k$ -ésima categoría cuando su valor de escala  $x$ , está entre los valores de los límites de orden  $k-1$  y  $k$ . Esta regla define la frontera entre cada una de las categorías asumidas para los indicadores.

De esta forma con el modelo se convierten los juicios ordinales, emitidos por expertos, acerca de los indicadores, en un instrumento que expresa su posición relativa en un rango

continuo; o sea, permite llevar las escalas ordinales a escala de intervalo (números reales) y de esta forma conocer los límites, en valores reales, en que se encuentra cada categoría; por ejemplo: Excelente, Muy Bien...; o de 5, 4, 3... [33]”

Con el fin de aclarar la estimación del experto en la encuesta, esta define muy bien los criterios de la escala de manera que se evita la estimación diferente de cada experto y se logra un único criterio. Ello con el fin de posibilitar una mejor comprensión y evaluación de los juicios emitidos por los expertos.

Las categorías para medir las variables son: Indispensable (5), Muy Útil (4), Útil (3), Quizás Sirva (2) y No Aporta (1).

A continuación se listan los indicadores, resultado del ejercicio inicial de la primera ronda de preguntas, transformadas poco a poco hasta identificar los factores clave en la generación de consenso del grupo también evidenciadas sobre los factores que afectaron el desempeño de la simulación realizada en FlexSim (Anexo 1.).

Los factores listados fueron los siguientes:

1. Desarrollo de las especificaciones técnicas y pliegos de contratación.
2. Selección de proveedores.
3. Verificar condiciones de entrega (logística)
4. Solicitar detalle de características del material
5. Determinar la matriz de comunicaciones entre cliente y proveedor.
6. Identificación de Interesados (Stakeholders) en la compra.
7. Legislación asociada a los materiales y las actividades relacionadas a la entrega del mismo en el sitio de construcción.

El resultado se presenta en la tabla I en Excel, donde se detallan criterios de los expertos en relación con los indicadores correspondientes. Las columnas reflejan los totales de cada categoría.

TABLA I (FRECUENCIA)						
INDICADORES	5 - Indispensable	4- Muy Útil	3-Útil	2- Quizás sirva	1-No aporta	TOTAL
I1 (1)	5	0	0	0	0	5
I2 (2)	2	1	1	1	0	5
I3 (3)	3	2	0	0	0	5
I4 (4)	2	3	0	0	0	5
I5 (5)	0	4	0	1	0	5
I6 (6)	0	4	1	0	0	5
I7 (7)	2	3	0	0	0	5

Tabla 1 Frecuencia. Por el Autor

### Determinación de la frecuencia acumulada

A cada indicador se le determina su frecuencia acumulada, así: al indicador 1 (Tabla 1), 5 expertos lo consideraron Indispensable, por lo que en la frecuencia acumulada (Tabla 2) que aparece es de 5; por consiguiente, están todos incluidos.

De forma análoga se halló cada uno y se completó la tabla según el archivo Anexo 3 adjunto en Excel (Método Delphi).

TABLA II (FRECUENCIA ACUMULADA)					
INDICADORES	5	4	3	2	1
I1 (1)	5	5	5	5	5
I2 (2)	2	3	4	5	5
I3 (3)	3	5	5	5	5
I4 (4)	2	5	5	5	5
I5 (5)	0	4	4	5	5
I6 (6)	0	4	5	5	5
I7 (7)	2	5	5	5	5

Tabla 2 Frecuencia Acumulada. Por el Autor

### Determinación de la frecuencia relativa acumulada o probabilidad acumulada

Se determinó la matriz de probabilidades acumulada con cuatro cifras decimales (Tabla 3), que resulta de dividir cada acumulado entre el número de la muestra, en este caso 5; por

ejemplo, si se divide 3 (valor de la casilla B22) entre 5, resulta la probabilidad acumulada 0,6000 (casilla B32). De esta forma se completa dicha tabla.

<b>TABLA III (FRECUENCIA RELATIVA, PROBABILIDAD ACUMULADA)</b>					
<b>INDICADORES</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
I1 (1)	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
I2 (2)	0,4000	0,6000	0,8000	1,0000	1,0000
I3 (3)	<u>0,6000</u>	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
I4 (4)	0,4000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
I5 (5)	0,0000	0,8000	0,8000	1,0000	1,0000
I6 (6)	0,0000	0,8000	1,0000	1,0000	1,0000
I7 (7)	0,4000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabla 3 Frecuencia Relativa, Probabilidad Acumulada. Por el Autor

Es importante observar cómo a partir de la categoría en que se repite la probabilidad 1, que en este caso para el primer indicador es la categoría de Indispensable (5), no es necesario completar las siguientes columnas, porque ya acumuló la máxima probabilidad, lo que quiere decir que este indicador es considerado, como mínimo de Indispensable, de acuerdo al resultado presentado por el grupo evaluado.

Es por eso que para comprender mejor el paso siguiente, se deciden eliminar las últimas columnas: Quizás Sirva (2) y No Sirve (1), ya que de acuerdo al trabajo valorado por los expertos, la evidencia presentada en las encuestas realizadas señala que este factor no es significativo sobre los criterios valorados.

### **Cálculo de los puntos de cortes y escala de los indicadores**

#### *Determinación de los valores normales estándar inversos*

Se utilizó Microsoft Excel (ver Anexo 3 en Excel. Método Delphi) para calcular los valores de la función estándar inversa, de manera tal que cuando esta probabilidad sea igual a cero, entonces se asuma como una respuesta lógica de verdad y devuelva el valor -3.50, y cuando sea la probabilidad 1, devuelva el valor lógico de 3.50.

TABLA IV (CÁLCULO DE PUNTOS DE CORTES Y ESCALA DE LOS INDICADORES)							
INDICADORES	I	MU	U	Suma	Promedio	N - Prom.	
I1 (1)	3,50	3,50	3,50	10,50	3,50	-2,02	I
I2 (2)	-0,25	0,25	0,84	0,84	0,28	1,20	MU
I3 (3)	0,25	3,50	3,50	7,25	2,42	-0,94	I
I4 (4)	-0,25	3,50	3,50	6,75	2,25	-0,77	I
I5 (5)	-3,50	0,84	0,84	-1,82	-0,61	2,09	MU
I6 (6)	-3,50	0,84	3,50	0,84	0,28	1,20	MU
I7 (7)	-0,25	3,50	3,50	6,75	2,25	-0,77	I
<b>Puntos de corte</b>	<b>-0,57</b>	<b>2,28</b>	<b>2,74</b>	<b>4,44</b>	<b>1,48 = N</b>		
Solo se consideran los indicadores I, MU, U en esta dimensión.							
	I	MU	U				
	-0,57	2,28	2,74	→			

Tabla 4 Cálculo de Puntos de Cortes. Por el Autor

### Determinación del nivel de consenso.

El nivel de consenso (C) se determina por la expresión:

$$C = \left[ 1 - \left( \frac{V_n}{V_t} \right) \right] * 100$$

Donde C: coeficiente de concordancia.

Regla de decisión: Sí  $C > 75\%$ , se considera que hay consenso.  $V_n$ : Votos negativos;  $V_t$ : Votos totales.

De acuerdo a la evidencia presentada, existe consenso en los expertos y por ello se decide dar por finalizado el ejercicio en este punto.

Como se observa en el Anexo 3 Método Delphi en Excel, de la pestaña TabulaciónResum en la columna de consensos, los 5 expertos consideraron que el indicador propuesto “1. Qué comprar”, fue considerado significativo para evaluar el efecto en la planeación de compras a proyectos, con un elevado grado de relevancia; ya que no hubo votos negativos ( $V_n = 0$ ); del total de votos presentados 5, entonces:  $C = \left( 1 - \frac{0}{5} \right) 100 = 100\%$ . De esta forma se determinó el resto de los indicadores.

## **Consideraciones**

Es deseable que se presente un grado de dispersión en las respuestas de los expertos encuestados, esto dado que, si los expertos responden lo mismo, no habría necesidad de recurrir iterativamente en el desarrollo de la encuesta. A pesar de ello, con el desarrollo del ejercicio y con el apoyo del moderador, tanto de forma estadística como cualitativa, es normal que las respuestas presenten una menor dispersión, o lo que es lo mismo que el consenso sea mayor. Esto es lógico, posterior a conocer información complementaria sobre el grupo y por lo tanto se puede presumir que las respuestas son de mayor calidad.

Independientemente de si se llega o no a un consenso mayor, es posible que los expertos al conocer opinión o resultados grupales, modifiquen su respuesta ante una nueva ronda de preguntas, y es posible que no reconsideren su respuesta ante rondas posteriores; con ello finalizaría su concepto ante dicho criterio.

Durante la aplicación del ejercicio se conforma el criterio con una primera ronda de preguntas, que intente moldear la situación cuestionada para conocer el escenario global y, posteriormente se puedan agrupar criterios significativos apropiados al tema.

Se interpreta como resultado positivo la estabilidad de las respuestas en la segunda ronda de preguntas realizadas con relación a la primera. Es por ello que se considera la estabilidad grupal en este aspecto, lo cual se evidencia durante la presentación de resultados en el método Torgerson de la Tabla 4, donde se logra evidenciar la mayoría de criterios como indispensables o muy útiles.

Durante el estudio realizado se encontró una participación relativamente media (62.5%), dado que durante la primera ronda se incorporaron 8 participantes al ejercicio, de los cuales solamente 5 continuaron la participación durante todo el ejercicio. Esta participación se interpreta como muy positiva dado que se ha logrado cumplir con el objetivo del ejercicio y la participación al mismo ha sido voluntaria.

En la metodología implementada, la fiabilidad de los resultados presentados es algo de vital importancia, es por esto que se consideró apoyar el estudio del Método Delphi usando la metodología Torgerson.

Adicionalmente el desarrollo del presente estudio está acompañado por aspectos como la calidad del grupo de expertos, el tiempo transcurrido entre rondas, la información complementaria cualitativa encontrada durante las encuestas realizadas, sugerencias y aportes al trabajo; con el fin de intentar plasmar la realidad del tema en este documento para apoyar el rigor en la metodología presentada.

A pesar del satisfactorio resultado durante la realización de la metodología, se encontraron algunas limitaciones durante el ejercicio valoradas como intrínsecas para el método empleado, entre ellas la consecución y número de expertos para tratar la temática presentada, ya que se deseó que el ejercicio presentara un mayor número de participantes; sin embargo, al buscar los perfiles de los expertos, pocas personas clasificaron dentro de esta población y fueron menos las interesadas en participar en el ejercicio por cuestiones de tiempo o simplemente no desearon colaborar con la labor.

Otra limitación evidenciada fue la realización de las encuestas a través de correo electrónico, dado que muchos de los participantes olvidaban dicha actividad o simplemente la consideraron secundaria dentro de sus labores habituales; por ello se debió hacer un seguimiento continuo en la búsqueda de los resultados a la misma.

Si se desea desarrollar una mejora al ejercicio presentado con el ánimo de mejorar la calidad de los resultados o conocer nuevos criterios para la planeación de compras a proyectos en Ecopetrol, se podría considerar partir del ejercicio realizado y aumentar el número de expertos encuestados, con el fin de obtener una mayor representatividad en el ejercicio, y con ellos generar nuevas rondas de preguntas para ser analizadas.

Se estima que con la metodología empleada los resultados presentados aportan un valor significativo, poseen un nivel aceptable de fiabilidad y aceptación para la alimentación del modelo presentado por el autor en conjunto a la simulación del proceso de simulación.

Con el fin de comparar los resultados presentados en este trabajo se pueden realizar estudios adicionales que empleen el método Delphi y permitan analizar más a fondo, dando mejoramiento continuo al modelo presentado por el autor.