



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Análisis de la eficiencia en los equipos de la NBA  
para las temporadas 2014/2015 y 2015/2016

Autor/es

José Luis Osorio Guajardo

Director/es

Lucía Isabel García Cebrián

Facultad Economía y Empresa / Universidad de Zaragoza  
2017

AUTOR DEL TRABAJO: Jose Luis Osorio Guajardo.

DIRECTOR DEL TRABAJO: Lucía Isabel García Cebrián.

TÍTULO DEL TRABAJO: Análisis de la eficiencia en los equipos de la NBA para las temporadas 2014-2015 y 2015-2016.

Efficiency analysis of the NBA teams for the 2014-2015 and 2015-2016 seasons.

TITULACIÓN: Administración y dirección de empresas.

### **RESUMEN:**

La relación entre eficiencia y resultados deportivos ya ha sido objeto de estudio en numerosos trabajos a través del análisis envolvente de datos (DEA). En este trabajo se ha utilizado un modelo DEA radial bajo orientación input y rendimientos constantes a escala. Se ha tomado como muestra los equipos de la NBA en las temporadas 2014-2015 y 2015-2016 diferenciando las dos fases que tiene la NBA (fase regular y fase Playoffs). Con estos datos se ha realizado tanto el cálculo de su eficiencia como el cálculo de la reducción que tiene que realizar cada equipo de cada input para ser eficiente. Además se creó una muestra donde se unieron ambas temporadas para obtener 60 unidades objeto de análisis. Con todos estos cálculos se llega a la conclusión de que tanto Golden State Warriors, como Cleveland Cavaliers están utilizando una tecnología superior a la de sus rivales y que no cabe duda de la relación existente entre eficiencia y resultados deportivos en ambas fases de la NBA.

### **SUMMARY:**

The existing relationship between efficiency and athletic achievements has been object of study by numerous researchers using Data Envelopment Analysis (DEA). In this project we have used a DEA of radial data under input guidance and constant scale returns. The sample is made up of teams of the NBA during the 2014-2015 and 2015-2016 seasons, whilst differentiating two different phases, the regular stage and the Playoff stage. With this data we have calculated both the efficiency of the teams and the reduction of input needed from each team in order to be efficient. There was also a

sample created by using both seasons in order to achieve 60 units of measure. In conclusion we can state that both Golden State Warriors and Cleveland Cavaliers are using superior technology than that used by the rest of the teams. There is also no doubt that a positive correlation exists between efficiency and athletic outcome in both stages in the NBA.

## ÍNDICE:

RESUMEN:.....	2
SUMMARY: .....	2
1. INTRODUCCIÓN: .....	5
2. FORMATO NBA, TRABAJOS ANTERIORES Y OBJETIVOS DEL TRABAJO:7	
3. ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS, METODOLOGIA, VENTAJAS Y LIMITACIONES:.....	9
4. OBSERVACIONES, INPUTS Y OUTPUTS:.....	13
5. RESULTADOS DEL ANALISIS:.....	16
5.1. Medición de la eficiencia.....	16
5.2. Medición de los inputs.....	24
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:.....	32
7. BIBLIOGRAFIA:.....	34

## 1. INTRODUCCIÓN:

En este trabajo se va a evaluar la eficiencia de los equipos de la NBA durante las temporadas 14-15 y 15-16. Para ello se va a utilizar el concepto de eficiencia desde el punto de vista económico y se intentará ver su relación con el éxito deportivo. Hay que tener en cuenta también la dificultad de aplicar la función de producción con los equipos deportivos puesto que hay que buscar qué variables serán las representativas de los inputs y de los outputs.

La eficiencia se puede dividir en dos dimensiones: la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa: La eficiencia técnica se refiere a la capacidad de producir el mayor output con el mínimo uso de inputs, o para una cantidad dada de inputs conseguir el máximo output. La eficiencia asignativa hace referencia a los inputs pero relacionándolos con sus precios, por lo que se consigue la eficiencia asignativa cuando se consigue el mayor output con los menores costes, o cuando para unos costes dados se consigue el mayor output posible. Una organización será eficiente desde el punto de vista global si lo es en ambas. Algunos autores hablan también de la eficiencia de escala.

Para la medición de la eficiencia en los equipos de la NBA en este trabajo se va a tener en cuenta únicamente la eficiencia técnica, ya que se va a analizar su rendimiento dentro de la cancha y se hace muy difícil poner un precio o valor a cada acción que se produce dentro de un partido de baloncesto, lo que imposibilitaría la correcta medición de la eficiencia asignativa. La medición de la eficiencia técnica en los equipos de la NBA resulta interesante, ya que permite obtener que equipos son los eficientes y por tanto, los que consiguen los mejores resultados deportivos con los mínimos inputs. Este conocimiento puede ser muy útil para la dirección deportiva de los clubes de cara a valorar el trabajo de los entrenadores. Asimismo, si se calcula de forma individualizada por jugadores, también puede servir para decidir la continuidad de algún jugador. En este trabajo, no obstante, va a tomar los equipos en su conjunto como unidades de análisis.

El objetivo de los Clubes de la NBA es obtener los mejores resultados deportivos; y el ser eficientes significaría para ellos que con menos inputs, o sea, menos jugadas superan a sus rivales y por lo tanto, son superiores a ellos y tienen una mayor facilidad a la hora de obtener una victoria. Por esto es interesante para los equipos de la NBA saber en qué

variables son superiores a sus rivales, y en cuales están por debajo de ellos; para mejorar las variables que sean necesarias y así tener más posibilidades de mejorar su rendimiento deportivo. Teniendo en cuenta las limitaciones de contrataciones que tienen en la NBA, es necesario también saber qué parcela del juego reforzar y cuál está ya cubierta.

Un trabajo pionero en el cálculo de la eficiencia es el de Farrel (1957), quien desarrolló su estudio partiendo de la idea de medir la eficiencia mediante la comparación directa de las cantidades de recursos que utiliza una empresa y las cantidades de outputs que obtiene, con las de otras empresas parecidas. Parte de la representación gráfica de las cantidades de inputs consumidos y outputs obtenidos por una muestra de empresas y las distintas combinaciones de inputs que permiten producir el mayor nivel de output conforman la frontera de producción eficiente que es equivalente a la isocuanta en Teoría Económica. Una importante aportación adicional de Farrell (1957) es que por primera vez separa los componentes técnico y asignativo de la eficiencia.

Para el cálculo de los índices de eficiencia es necesario estimar previamente la frontera eficiente y, para ello existen dos grandes aproximaciones: la paramétrica y la no paramétrica. La aproximación paramétrica se centra en especificar una forma funcional concreta para la frontera, estimando sus parámetros con programación matemática o técnicas econométricas. La aproximación no paramétrica realiza unos supuestos sobre las propiedades de la tecnología que permiten definir el conjunto de procesos productivos factibles y así reproducir la frontera.

En el presente trabajo se va a utilizar la aproximación no paramétrica para el cálculo de los índices de eficiencia de los equipos de la NBA. Entre sus ventajas cabe mencionar que no hay que suponer una forma funcional concreta para la frontera, que permite el cálculo de la eficiencia tecnologías multioutput y sugiere mejoras basadas en prácticas observadas. Entre sus inconvenientes destacan su mayor sensibilidad a los errores de medida frente a la aproximación econométrica y que no permite realizar inferencia estadística sobre los índices calculados.

Dentro de la aproximación no paramétrica está el Análisis Envolvente de Datos, más comúnmente llamado DEA por su nombre en inglés (Data Envelopment Analysis). El DEA usa algoritmos de programación lineal para calcular la frontera. En sus comienzos era utilizado para medir la eficiencia relativa de las organizaciones sin ánimo de lucro,

pero posteriormente se empezó a utilizar también para organizaciones lucrativas y es el método más generalizado y más usado en los últimos años.

## **2. FORMATO NBA, TRABAJOS ANTERIORES Y OBJETIVOS DEL TRABAJO:**

La NBA, es la liga de baloncesto de Estados Unidos. Y tiene un formato especial totalmente distinto de las ligas europeas de baloncesto. Dentro de la propia liga se dividen los equipos en dos conferencias, Conferencia Este y Conferencia Oeste, por el cual se van enfrentando los equipos durante la temporada regular hasta llegar a los Playoffs. Cada una de estas conferencias cuenta con 15 equipos, que a su vez se subdividen en tres divisiones cada conferencia, contando con 5 equipos cada división.

Durante la fase regular todos los equipos disputan 82 partidos, pero no juegan los mismos partidos contra todos los equipos, ya que juegan cuatro partidos contra los equipos de su misma división, con los equipos de su misma conferencia entre tres o cuatro partidos y contra los equipos de la otra conferencia solo dos partidos contra cada equipo. Esto se entiende por la gran dimensión de Estados Unidos y la continuidad con la que se juegan los partidos en la NBA, ya que pueden llevar a jugar 3 partidos en la misma semana y no sería posible realizar viajes de cinco horas de avión con esta frecuencia.

Los equipos no tienen rivales iguales debido a la subdivisión que realiza la NBA en conferencias y dentro de estas en divisiones, por lo que algunos equipos pueden verse beneficiados por estar encuadrados en una división, donde los rivales sean más débiles que en otras divisiones. La separación en divisiones se realiza por la zona del territorio estadounidense donde milita cada equipo. Solo los 8 mejores equipos de cada conferencia, teniendo en cuenta los 82 partidos de la fase regular, pasan a los Playoffs.

En los Playoffs, los equipos se enfrentan cada dos mediante eliminatorias de 7 partidos, pasando a la siguiente ronda el equipo que gana 4 de estos 7 partidos. Los Playoffs se separan en las dos conferencias para jugar estas eliminatorias hasta la final, que la juegan el campeón de la conferencia Este con el campeón de la conferencia Oeste. Cada ronda eliminatoria que consta de 7 partidos se juega con el sistema 2-3-2, lo que

significa los dos primeros partidos en el estadio de uno de los equipos, luego tres partidos en el estadio del rival y posteriormente otros dos en el estadio del primer equipo por lo que tiene ventaja el equipo que juega cuatro partidos en su estadio. El criterio usado para dar esta ventaja de jugar 4 partidos en su estadio es el siguiente, la obtienen los campeones de cada división y el mejor segundo de todas las divisiones de cada conferencia. En la final de los Playoffs el factor campo beneficia al equipo que mejor balance (victoria-derrota) haya obtenido durante la fase regular, según marcan las normas de la NBA.

La NBA es la liga de baloncesto más conocida del mundo y más retransmitida por los medios de comunicación en numerosos países de todo el mundo, por lo que los ingresos que consigue tanto en publicidad como por derechos televisivos y entradas a las canchas son muy superiores a los de todas las demás ligas de baloncesto del mundo. El límite salarial que impone la liga a los equipos, permite que sea una liga mucho más igualada y no haya tanta diferencia entre los equipos, aunque se les permite sobrepasar este límite si se paga una multa, por lo que algunos equipos optan por esta alternativa. No obstante, la existencia de este límite salarial hace que los equipos no puedan por lo general realizar grandes contrataciones y que el juego eficiente pueda ser una de las claves para conseguir los mejores resultados deportivos. Por lo tanto, el análisis por parte de los equipos de su eficiencia puede ser un buen punto de partida para superar a sus rivales.

La eficiencia dentro de los equipos deportivos ha sido estudiada para varios deportes en los últimos años, ya sea individualizando por jugadores o por equipos. Por ejemplo algunos de los trabajos que se han realizado midiendo la eficiencia de las ligas de fútbol profesional son: Haas, Kocher y Sutter (2004) la liga profesional del fútbol alemán; Espitia-Escuer y Garcia-Cebrián (2004) la liga de fútbol profesional español; Barros y Leach (2006) la liga inglesa de fútbol profesional; Papahristodoulou (2007) la liga de campeones UEFA; Ribeiro y Lima (2102) liga portuguesa de fútbol profesional.

En otros deportes hay publicaciones como Chen, Chen, Hsiao, Tsai y Lee (2010) y Volz (2009) que realizan el estudio de la eficiencia en la liga estadounidense de béisbol; para la NBA Yang, Lin y Chen (2014) y Cooper, Ruiz y Sirvent (2009) son algunos de los trabajos que se han publicado midiendo la eficiencia, y más recientes son las publicaciones de Toloo (2013) y Ruiz, Pastor y Pastor (2013) sobre la eficiencia en jugadores profesionales de tenis.



El trabajo estará centrado en analizar:

- 1) La eficiencia de los equipos de la NBA y ver su relación con los resultados deportivos.
- 2) Dos años consecutivos (Temporada 2014-2015 y Temporada 2015-2016), y comprobar si los equipos que son eficientes, consiguen mantener esta eficiencia de una temporada a la siguiente.
- 3) La eficiencia en cada fase, para ver si los equipos mantienen la eficiencia tanto en los playoffs, como en la fase regular o hay alguna diferencia.
- 4) Por separado la eficiencia de los equipos por conferencias, en el caso de los Playoffs, ya que como se ha explicado antes se enfrentan entre los equipos de la misma conferencia hasta la final.
- 5) Realizar recomendaciones para la mejora de su eficiencia a los equipos ineficientes en cada fase.

### **3. ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS, METODOLOGIA, VENTAJAS Y LIMITACIONES:**

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) utiliza la programación lineal que permite analizar la eficiencia de las organizaciones en cuyos procesos productivos intervienen múltiples inputs y outputs. Ha sido objeto de un creciente interés e importante desarrollo en los últimos años, ya que permite explorar la eficiencia de las organizaciones cuyos inputs y outputs resulta complejo reducirlos a términos monetarios. Sus comienzos se remontan a la formulación del modelo DEA-CCR de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), trabajo que se realizó a partir de las ideas de Farrell (1957). Este modelo se basa en la creación de la frontera de eficiencia, para ello hay que analizar la eficiencia de las unidades de decisión (DMU) para posteriormente identificar las que alcanzan la máxima eficiencia y, por tanto, definirán la frontera de eficiencia. Si hay una unidad de decisión igual a otra eficiente, salvo porque usa una unidad más de un input, esto reflejará la importancia de este input dentro del modelo según la caída

que se observe en la eficiencia. Se llama score al ratio de eficiencia que tiene cada DMU.

Este sistema de scores también permite medir la eficiencia de una DMU, llamada observada, desde el punto de vista de las demás DMUs que componen la muestra. El modelo DEA sugiere la mejora en su producción que debería realizar una DMU para alcanzar la frontera eficiente, en el caso de que fuera ineficiente.

En el trabajo se usará el DEA con objeto de seguir la metodología de los trabajos anteriores, además de las ventajas que aporta este análisis para trabajar con múltiples inputs y outputs.

A pesar de que el DEA se ha convertido en el modelo más adecuado para medir la eficiencia en equipos deportivos, cuenta con algunas ventajas pero también con limitaciones.

Dentro de las ventajas que tiene el modelo, cabe destacar:

- Es sencillo de usar para sectores donde se generan varios outputs con múltiples inputs.
- Es necesario tener todos los datos sobre inputs y outputs de todas las unidades de decisión objeto de análisis, pero no es necesario que todos los inputs y outputs estén expresados en las mismas unidades de medida. Ya que pueden estar medidos en diferentes medidas y esto no altera el análisis.
- Genera mucha información para cada DMU que puede ser utilizada para la mejora de las unidades ineficientes o como guía de actuación.
- No es necesario conocer previamente la función de producción, sino simplemente la relación entre inputs y outputs.

Por otro lado las limitaciones del modelo y que habrá que tener en cuenta a la hora de valorar los resultados son:

- La exigencia de la homogeneidad de las unidades sometidas a análisis, para evitar errores en el cálculo de las ineficiencias en el uso de inputs y outputs.
- Es un método determinístico, por lo que cualquier alejamiento de la frontera de eficiencia tendrá que ver con un comportamiento ineficiente, sin dar la posibilidad a que la ineficiencia venga por motivos aleatorios.

- Hay que tener especial cuidado en la selección de las variables a incluir ya que no existen tests para estimar si los resultados variarían significativamente al utilizar otras variables.
- La relación entre el número de variables consideradas y el de unidades analizadas es importante tenerla en cuenta, ya que de ella depende la fiabilidad de los resultados. Entre otros, Banker y Alter (1989) establecen que el número de unidades analizadas tiene que ser mayor o igual a la suma de inputs y outputs para que el modelo tenga carácter discriminatorio. Es crucial que haya un exceso de observaciones sobre parámetros, para tener los grados de libertad necesarios, ya que si no el análisis puede llevar a error. Para los grados de libertad hay diferentes teorías según cada autor. Se tendrá que tener en cuenta a la hora de elaborar la muestra, para no incurrir en un error al obtener los resultados del análisis.

Para la aplicación del DEA el primer paso es la selección de los inputs y outputs. Es una condición importante que todas las DMUs han de aplicar los mismos inputs para generar los mismos outputs, ya que es necesario para poder hacer comparaciones múltiples.

Los inputs y outputs negativos que requieren un tratamiento especial, son los que se generan sin deseárselos ni ser el fin de la actividad que se está realizando. Hay que tenerlos en cuenta a la hora de realizar el análisis, ya que pueden suponer la diferencia entre una unidad eficiente y una que no lo es.

El análisis se repite tantas veces como unidades de análisis existan. Ya que cada DMU habrá que compararla con el resto de DMUs, que formen parte de la muestra. El DEA permite orientarlo de dos formas principalmente, minimizando los inputs o maximizando los outputs.

Para realizar el análisis DEA se puede tener en cuenta los rendimientos a escala, ya que indican el incremento que genera en los outputs un incremento en los inputs. Hay tres tipos de rendimientos:

- Rendimientos constantes a escala, donde el incremento en los outputs es proporcional al incremento en los inputs.
- Rendimientos crecientes a escala, los outputs se incrementan más que los inputs.

- Rendimientos decrecientes a escala, los outputs se incrementan en menor medida que los inputs.

El modelo CCR utiliza los rendimientos constantes a escala.

Dentro de las orientaciones del DEA, en este trabajo se opta por la formulación enfocada a minimizar los inputs, donde dados unos outputs observados que obtiene una unidad de producción, se busca el valor mínimo de inputs que se necesitan para generarlos.

El modelo DEA-CCR orientado a los inputs se quedaría de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } z = \theta \\
 & \text{s.a :} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0} \quad i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \quad r = 1, \dots, s \\
 & \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

En la formulación del DEA se observan dos restricciones importantes: La primera considerando que las cantidades y coeficientes de los inputs tienen que ser positivas, por lo que se introducen las restricciones de no-negatividad. La segunda se encuentra en el signo de desigualdad, ya que se buscan combinaciones de inputs por debajo o iguales a los de la unidad analizada y que generen los mismos o más outputs.

Como consecuencia de la formulación anterior, una DMU es eficiente si el ratio de eficiencia ( $\theta$ ) toma valor 1, mientras que será ineficiente si toma cualquier otro valor distinto de 1. Las DMUs que resultan ineficientes para convertirse en eficientes deben reducir el uso de sus inputs en el porcentaje que indique el ratio de eficiencia.

Hay que tener en cuenta, que cuando se trabaja con rendimientos constantes a escala, tanto la orientación a los inputs, como a los outputs generan los mismos resultados para el ratio de eficiencia.

#### **4. OBSERVACIONES, INPUTS Y OUTPUTS:**

La muestra seleccionada en este trabajo son los 30 equipos pertenecientes a la NBA y será objeto de análisis tanto la temporada 2014-2015, como 2015-2016. En el trabajo se distingue fase regular y Playoffs, y el número de equipos que forman parte de cada fase.

Los datos estadísticos de cada equipo que formaran parte de la base de datos de esta investigación han sido extraídos de la página web del periódico deportivo AS.

Para decidir los outputs e inputs es necesario primero describir cada una de las jugadas que vamos a tener en cuenta y así entender su introducción como input o como output.

La relación entre eficiencia y tácticas o jugadas se puede ver del siguiente modo. La eficiencia se basa en el aprovechamiento de los recursos, y por tanto, tener los mejores movimientos tanto de hombres como de balón dentro de la cancha, sería estar optimizando los recursos, o sea, siendo eficiente. La clave de la eficiencia está en que los equipos más eficientes tendrán más posibilidades de ganar los partidos, ya que generarán mejores lanzamientos, más rebotes por su posición dentro del campo, más robos de las buenas defensas y las ayudas en defensa, lo que les llevará a superar a sus rivales. En consecuencia, la medición y conocimiento de la eficiencia, puede servir para cambiar las jugadas de los equipos menos eficientes.

Las variables observadas son, los partidos ganados por cada equipo durante cada una de las fases. Para la fase regular se toma como output los partidos ganados, ya que la clasificación de la NBA se distribuye mediante el balance victorias-derrotas (en baloncesto nunca se puede quedar empate), con lo que esta es la forma que tienen los equipos de quedar por encima de sus rivales. Todos los equipos juegan un total de 82 partidos durante la fase regular.

Los Playoffs es una fase con unas características muy concretas, pero el output sigue siendo el mismo, ya que las eliminatorias a 7 partidos las gana el equipo que gane 4 de ellos, por lo que su objetivo serán estas 4 victorias para pasar de fase, y el éxito deportivo será conseguir “el anillo” (es como se denomina comúnmente a ganar los Playoffs de la NBA, ya que se le entrega un anillo conmemorativo a cada jugador) consiguiendo 4 victorias en todas las fases de los Playoffs incluida la final.

Para los inputs se tendrán en cuenta las variables, que intervienen en la generación de jugadas de ataque y de defensa.

Los tiros intentados hacen referencia a todos los tiros a canasta que realiza el equipo, ya sean posteriormente puntos o no, teniendo en cuenta los tiros libres, tiros de dos puntos y triples. Se consideran un input, ya que gana el partido el equipo que más puntos consigue durante el encuentro, y sería la finalización de una jugada de ataque.

Un rebote ofensivo se produce cuando se realiza un tiro a canasta que no entra, pero un jugador del mismo equipo (el equipo que es objeto de estudio) que el tirador recoge el balón y mantiene la posesión para su equipo, para lo que es clave la colocación en la cancha de los jugadores. Mientras que un rebote defensivo es cuando se lanza a canasta y falla, pero cogiendo el balón un jugador del equipo contrario (el equipo objeto de estudio) y por lo tanto, cambiando de equipo la posesión del balón, es una acción defensiva. Ambos referidos al equipo analizado suponen que recupera la posesión, ya sea en una canasta o en otra y por lo tanto, serán inputs necesarios para conseguir la victoria.

Un robo es la intercepción del balón por parte de un jugador del equipo contrario por lo que gana ese equipo la posesión de balón, es una acción defensiva. Se considerara un input, ya que genera una posesión de balón y comienza una jugada en ataque, a la vez que evita el ataque del equipo contrario.

Un tapón hace referencia a la acción de poner la mano evitando la canasta del equipo contrario, es una acción defensiva. Estará dentro de los inputs porque conlleva evitar una canasta del rival, la buena posición de los jugadores en defensa y las ayudas posibilitan esta acción. Puede generar una recuperación del balón pero no en todos los casos.

Falta personal son las infracciones que se cometen durante el partido, como por ejemplo empujar a un rival, cada jugador puede realizar 6 faltas personales quedando expulsado si realiza la sexta. No se tendrá en cuenta dado que no ayuda a conseguir la victoria que es nuestro output.

Pérdidas son los balones que se pierden por cometer alguna infracción o por robo del rival perdiendo la posesión del balón, se relacionan con errores en el movimiento de balón. Tampoco se tendrán en cuenta para los inputs, ya que no forma parte ni de una jugada de ataque, ni de defensa del equipo analizado.

Las asistencias, que se refieren al pase que precede a una canasta, siendo este pase el generador de la posibilidad de lanzamiento liberado o en posición ventajosa. No se

tendrán en cuenta, dado que tienen una relación directa con los tiros anotados, ya que si se realiza un buen pase, pero después se falla el lanzamiento no se considera asistencia el pase.

Los puntos son todos los puntos anotados durante todos los partidos con los tiros a canasta transformados, no se tendrán en cuenta ya que tienen una relación directa con los tiros a canasta y las jugadas de ataque. Mientras que el objetivo es medir la eficiencia en las jugadas ya sean de ataque o defensa, en relación con los resultados deportivos obtenidos.

En este trabajo se van a tener en cuenta como inputs únicamente las acciones que tengan relación con la generación de puntos por parte del equipo a analizar, y por tanto, supongan la obtención de victorias.

Los inputs que se tendrán en cuenta en el trabajo son: Los tiros intentados, ya que son la finalización de una jugada de ataque ya sea positiva o negativamente. Los robos, ya que generan una recuperación de la posesión, y por tanto, una nueva jugada de ataque. Los rebotes ofensivos y defensivos, ya que ambos significan la recuperación del balón ya sea en una canasta u otra. Y los tapones, que evitan la canasta del rival y pueden suponer una recuperación de la posesión, y por tanto, el comienzo de una nueva jugada de ataque.

La selección de los inputs y outputs para cada fase, se reducen en los siguientes:

FASE REGULAR	
Outputs	Inputs
Victorias	Tiros intentados Robos Rebotes Tapones

Tabla 1: Variables para análisis DEA (fase regular).

FASE PLAYOFFS	
Outputs	Inputs
Victorias	Tiros intentados Robos Rebotes Tapones

Tabla 2: Variables para análisis DEA (fase Playoffs).

## 5. RESULTADOS DEL ANALISIS:

### 5.1. Medición de la eficiencia

Para la fase regular se realizaron los cálculos teniendo en cuenta todos los equipos de la NBA sin diferenciar por conferencias, dado que todos los equipos se enfrentan entre ellos en esta fase.

En la tabla 3 se muestran el ratio de eficiencia o score de los equipos de la NBA en porcentaje y el número de victorias durante la fase regular de la temporada 2014-2015. Además se muestran las holguras de cada input en cada unidad analizada, las holguras indican las reducciones necesarias en cada input una vez tenido en cuenta su ratio de eficiencia para convertir una DMU en eficiente.



	Score	Victorias	{S} Tiros intentados	{S} Rebotes Of	{S} Rebotes Def	{S} Robos	{S} Tapones
Golden State Warriors	100,00%	67					
Atlanta Hawks	100,00%	60					
Houston Rockets	91,84%	56	113,61	197,92	0	37,53	0
Los Angeles Clippers	98,51%	56	243,39	0	88,81	0	0
Memphis Grizzlies	100,00%	55					
San Antonio Spurs	93,32%	55	171,92	0	109,74	0	8,41
Cleveland Cavaliers	100,00%	53					
Portland Trail Blazers	100,00%	51					
Chicago Bulls	100,00%	50					
Dallas Mavericks	88,38%	50	297,87	25,49	0	0	0
Toronto Raptors	91,28%	49	309,07	35,41	0	0	0
Washington Wizards	84,64%	46	0	0	90,07	0	0
New Orleans Pelicans	86,98%	45	288,37	64,84	0	0	50,85
Oklahoma City Thunder	80,46%	45	76,8	115,76	0	0	0
Milwaukee Bucks	68,43%	41	99,31	98,59	0	46,96	0
Boston Celtics	85,84%	40	1271,23	158,58	389,11	69,46	0
Phoenix Suns	66,35%	39	170,9	62,61	0	0	0
Brooklyn Nets	74,11%	38	180,66	0	32,63	0	0
Indiana Pacers	77,45%	38	42,32	0	41,67	0	4,07
Utah Jazz	67,41%	38	0	110,22	13,61	0	24,69
Miami Heat	67,46%	37	33,71	0	0	0	0
Charlotte Hornets	68,44%	33	236,32	0	71,66	0	65,72
Detroit Pistons	57,71%	32	199,5	110,88	0	0	0
Denver Nuggets	53,72%	30	179,27	65,78	0	0	0
Sacramento Kings	58,91%	29	149,85	28,5	138,25	0	0
Orlando Magic	50,23%	25	337,64	23,81	112,27	6,82	0
Los Angeles Lakers	39,43%	21	0	17,06	335,06	0	0
Philadelphia Sixers	29,81%	18	102,87	62,38	0	30,49	11,92
New York Knicks	32,62%	17	198,58	39,12	0	0	0
Minnesota Timberwolves	30,91%	16	198,98	63,14	0	4,52	0

Tabla 3: Resultados eficiencia de la fase regular temporada 2014-2015.

Fuente: Elaboración propia.

Seis equipos de los treinta que pertenecen a la NBA son eficientes en esta fase y todos están en el primer tercio de la tabla atendiendo a la clasificación por el número de victorias. De ellos, Atlanta Hawks, Chicago Bulls y Cleveland Cavaliers pertenecen a la conferencia Este, mientras que Golden State Warriors, Memphis Grizzlies y Portland Trail Blazers a la conferencia Oeste. El coeficiente de correlación entre eficiencia y resultados deportivos es de 0.96, por lo que se aprecia una clara relación entre eficiencia y resultados deportivos.

Cabe destacar que todos los equipos menos Washington Wizards, Los Angeles Lakers y Utah Jazz, tienen holgura en los tiros intentados, y que solo un 25% de los equipos tienen holgura en robos y otro 25% en tapones. Solo cuatro equipos de la NBA no llegan al 40% en su ratio de eficiencia, y en la tabla clasificatoria se encuentran justo los cuatro últimos y los seis últimos no llegan a un 60% en su ratio de eficiencia.

Los resultados obtenidos en el análisis llevado a cabo para la fase regular de la temporada 2015-2016 están recogidos en la tabla 4.

	Score	Victorias	{S} Tiros intentados	{S} Rebotes Of	{S} Rebotes Def	{S} Robos	{S} Tapones
Golden State Warriors	100,00%	73					
San Antonio Spurs	97,26%	67	40,43	0	25,81	26,11	14,66
Cleveland Cavaliers	100,00%	57					
Toronto Raptors	84,41%	56	82,22	69,67	0	7,72	0
Oklahoma City Thunder	86,09%	55	702,97	307,21	271,14	0	44,04
Los Angeles Clippers	82,17%	53	356,17	0	82,99	82,35	16,42
Atlanta Hawks	79,02%	48	763,29	0	236,25	137,24	56,59
Boston Celtics	81,61%	48	479,35	96,03	0	152,76	0
Charlotte Hornets	76,14%	48	563,22	22,33	230,3	0	6,05
Miami Heat	81,92%	48	779,18	124,58	348,7	0	107,57
Indiana Pacers	71,87%	45	137,17	20,37	0	103,81	0
Detroit Pistons	80,49%	44	387,56	147,95	91,67	35,9	0
Portland Trail Blazers	74,45%	44	614,62	157,33	170,29	0	0
Chicago Bulls	80,08%	42	1623,08	256,87	603,68	0	89,87
Dallas Mavericks	80,32%	42	687,22	0	265,02	46,01	0
Memphis Grizzlies	74,78%	42	562,77	134,19	0	140,53	0
Houston Rockets	64,62%	41	370,83	136,68	0	143,24	0
Washington Wizards	76,33%	41	748,48	0	171,94	147,44	0
Utah Jazz	62,67%	40	90,63	82,86	0	16,71	0
Orlando Magic	54,90%	35	299,24	39,36	0	37,38	0
Denver Nuggets	53,06%	33	198,91	79,43	0	8,86	0
Milwaukee Bucks	52,50%	33	302,32	81,58	0	41,34	24,26
Sacramento Kings	54,41%	33	167,63	21,65	0	82,84	0
New York Knicks	64,67%	32	1315,26	192,03	500,32	0	83,08
New Orleans Pelicans	52,88%	30	350,37	0	61,43	47,26	0
Minnesota Timberwolves	49,05%	29	175,62	32,92	0	45,54	0
Phoenix Suns	40,94%	23	98,47	34,64	0	36,48	0
Brooklyn Nets	37,37%	21	179,87	24,77	0	32,63	0
Los Angeles Lakers	29,86%	17	132,08	21,68	0	13,81	0
Philadelphia Sixers	15,63%	10	95,65	9,65	0	11,89	9,14

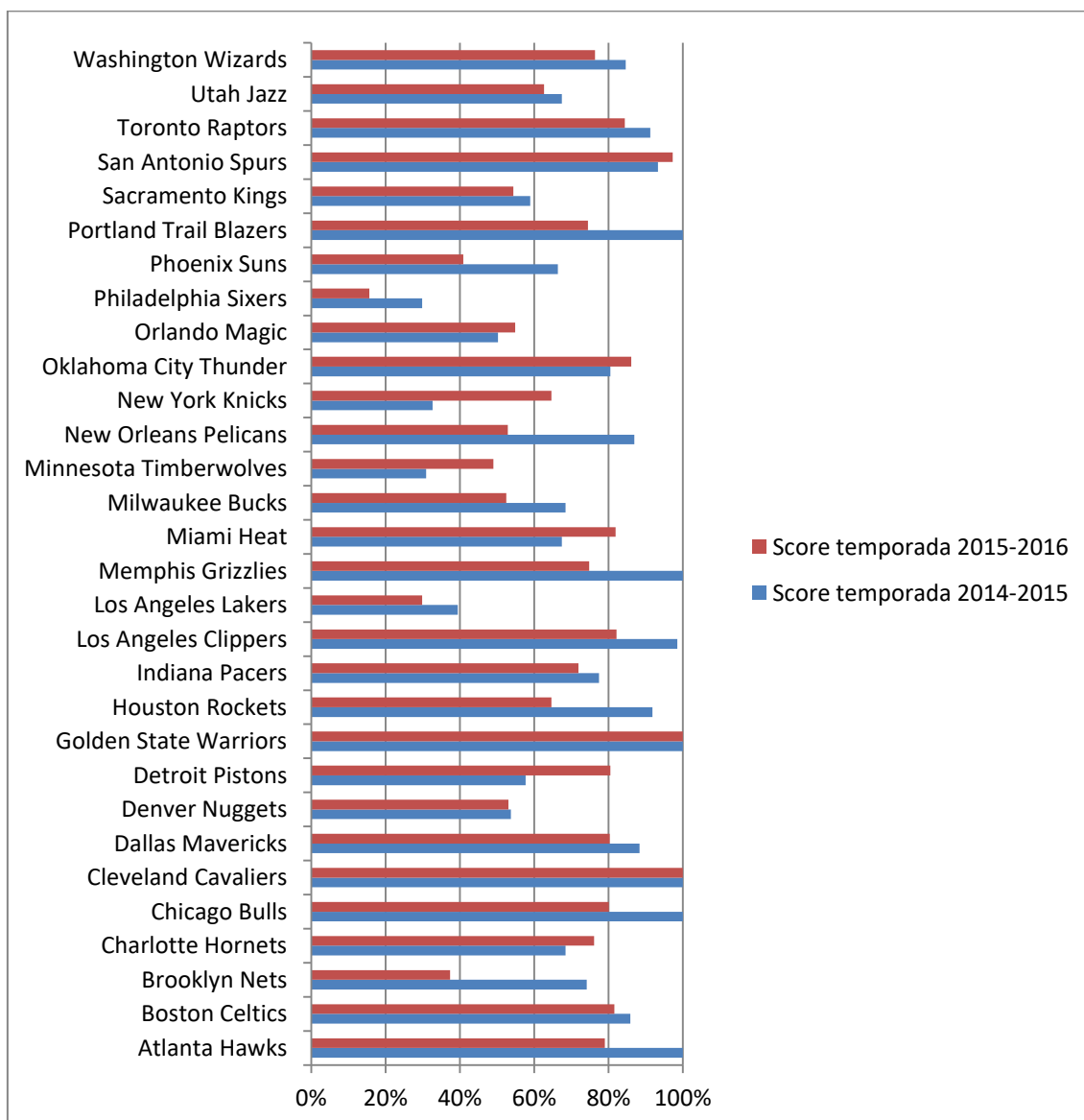
Tabla 4: Resultados eficiencia de la fase regular temporada 2015-2016.

Fuente: Elaboración propia.

En esta temporada solo dos equipos de los 30 que conforman la muestra son eficientes: Golden State Warriors (conferencia Oeste) y Cleveland Cavaliers (conferencia Este). Atendiendo a la clasificación, quedaron primero y tercero respectivamente. Un dato importante es que en esta temporada todos los equipos tienen holgura en los tiros intentados y el 85,71% de ellos tienen holgura en los robos y rebotes ofensivos. En esta temporada el segundo clasificado, San Antonio Spurs, ha obtenido un ratio de eficiencia muy cercano al 100%. Posteriormente el equipo que más se acerca a la unidad es Oklahoma City Thunder, que se encuentra en la quinta posición con un 86,09% en su ratio de eficiencia. El coeficiente de correlación entre eficiencia y resultados deportivos es de 0.95, por lo que otra vez se observa esta relación.

Comparando la tabla 3 con la tabla 4, varios de los equipos que eran eficientes en la temporada 2014-2015 han dejado de serlo en la 2015-2016, mientras que solo dos de ellos Golden State Warriors y Cleveland Cavaliers han conseguido mantenerla de un año a otro, lo que indica que estos dos equipos están utilizando una tecnología superior

a la del resto. En el gráfico 1 se ve la comparativa de todos los equipos de una temporada a la otra, según sus scores conseguidos.



Gráfica 1: Comparativa scores fase regular de las temporadas 2014-2015 y 2015-2016.

Fuente: Elaboración propia.

Para ver mejor los equipos que son eficientes por encima del resto por sus movimientos en la cancha y jugadas, se elaboró una muestra compuesta por los datos de ambas temporadas, ya que la NBA la conforman todos los años los mismos 30 equipos, lo que posibilita este análisis. El objetivo de introducir una muestra donde estén presentes los 30 equipos de la temporada 2014-2015 y los 30 equipos de la temporada 2015-2016 es poder tener más unidades con las que comparar, a la vez que permite identificar si hay

una superioridad clara de alguna de las temporadas por las peculiaridades de esta. En el tabla 5 aparecen los resultados obtenidos.

	Score	Victorias	{S} Tiros intentados	{S} Rebotes Of	{S} Rebotes Def	{S} Robos	{S} Tapones
Golden State Warriors 15-16	100,00%	73					
Golden State Warriors 14-15	96,93%	67	347,6	77,92	0	106,27	23,72
San Antonio Spurs 15-16	97,26%	67	40,43	0	25,81	26,11	14,66
Atlanta Hawks 14-15	100,00%	60					
Cleveland Cavaliers 15-16	100,00%	57					
Houston Rockets 14-15	90,17%	56	251,1	215,17	0	81,02	0
Los Angeles Clippers 14-15	88,58%	56	144,6	14,29	0	0	0
Toronto Raptors 15-16	84,39%	56	67,51	71,64	0	0	0
Memphis Grizzlies 14-15	95,34%	55	98,95	83,68	0	47,34	0
San Antonio Spurs 14-15	82,62%	55	80,6	30,24	0	0	0
Oklahoma City Thunder 15-16	86,09%	55	702,97	307,21	271,14	0	44,04
Cleveland Cavaliers 14-15	93,23%	53	190,95	126,84	0	0	0
Los Angeles Clippers 15-16	82,17%	53	356,17	0	82,99	82,35	16,42
Portland Trail Blazers 14-15	91,90%	51	1366,7	217,78	532,68	0	0
Chicago Bulls 14-15	91,81%	50	1337,09	321,58	527,8	0	95,93
Dallas Mavericks 14-15	84,47%	50	401,75	99,91	0	0	0
Toronto Raptors 14-15	85,78%	49	446,62	134	0	0	0
Boston Celtics 15-16	81,48%	48	359,49	111,9	0	89,96	0
Charlotte Hornets 15-16	76,14%	48	563,22	22,33	230,3	0	6,05
Atlanta Hawks 15-16	79,02%	48	763,29	0	236,25	137,24	56,59
Miami Heat 15-16	81,92%	48	779,18	124,58	348,7	0	107,57
Washington Wizards 14-15	74,75%	46	0	27,61	22,56	9,44	0
New Orleans Pelicans 14-15	76,80%	45	805,75	220,48	180,98	0	84,71
Oklahoma City Thunder 14-15	71,02%	45	643,15	244,16	187,88	0	15,46
Indiana Pacers 15-16	71,73%	45	0	38,75	0	31,7	0
Portland Trail Blazers 15-16	74,45%	44	614,62	157,33	170,29	0	0
Detroit Pistons 15-16	80,49%	44	387,56	147,95	91,67	35,9	0
Dallas Mavericks 15-16	79,67%	42	543,34	0	238,18	4	0
Chicago Bulls 15-16	80,08%	42	1623,08	256,87	603,68	0	89,87
Memphis Grizzlies 15-16	74,56%	42	364,54	160,23	0	36,87	0
Milwaukee Bucks 14-15	67,00%	41	214,47	114,04	0	83,08	0
Houston Rockets 15-16	64,60%	41	348,92	139,57	0	131,75	0
Washington Wizards 15-16	75,37%	41	530,03	0	132,47	82,66	0
Boston Celtics 14-15	75,67%	40	622,54	75,92	82,84	123,32	0
Utah Jazz 15-16	62,63%	40	58,8	87,1	0	0	0
Phoenix Suns 14-15	64,25%	39	230,6	102,06	0	0	0
Brooklyn Nets 14-15	66,68%	38	190,26	38,44	0	0	0
Indiana Pacers 14-15	71,02%	38	1119,89	183,18	457,15	0	7,1
Utah Jazz 14-15	59,12%	38	111,21	159,3	0	9,64	29,84
Miami Heat 14-15	64,33%	37	105,29	42,45	0	0	0
Orlando Magic 15-16	54,83%	35	227,79	48,87	0	0	0
Charlotte Hornets 14-15	62,42%	33	1090,55	142,95	399,83	0	54,51
Sacramento Kings 15-16	54,29%	33	50,63	37,3	0	21,4	0
Denver Nuggets 15-16	53,04%	33	181,98	81,67	0	0	0
Milwaukee Bucks 15-16	52,50%	33	302,32	81,58	0	41,34	24,26
Detroit Pistons 14-15	53,07%	32	282,06	158,44	0	0	0
New York Knicks 15-16	64,67%	32	1315,26	192,03	500,32	0	83,08
Denver Nuggets 14-15	50,51%	30	263,53	123,68	0	0	0
New Orleans Pelicans 15-16	52,21%	30	190,92	0	32,98	0	0
Sacramento Kings 14-15	51,47%	29	0	34,43	25,91	3,73	0
Minnesota Timberwolves 15-16	48,96%	29	88,75	44,5	0	0	0
Orlando Magic 14-15	45,63%	25	128,24	10,78	0	38,55	0
Phoenix Suns 15-16	40,94%	23	96,77	34,86	0	35,58	0
Los Angeles Lakers 14-15	34,79%	21	95,13	44,19	312,69	0	0
Brooklyn Nets 15-16	37,31%	21	128,71	31,58	0	5,85	0
Philadelphia Sixers 14-15	28,90%	18	193,1	81,4	0	58,11	17,93
New York Knicks 14-15	29,33%	17	221,58	53,5	0	0	0
Los Angeles Lakers 15-16	29,83%	17	105,68	25,2	0	0	0
Minnesota Timberwolves 14-15	29,92%	16	212,4	77,86	0	13,85	0
Philadelphia Sixers 15-16	15,63%	10	95,65	9,65	0	11,89	9,14

Tabla 5: Resultados eficiencia de la fase regular con datos de la temporada 2014-2015 y temporada 2015-2016.

Fuente: Elaboración propia.

Solo tres equipos son eficientes en la muestra elaborada con los datos de ambas temporadas, destacar que Golden State Warriors pertenece a la conferencia Oeste y Cleveland Cavaliers y Atlanta Hawks pertenece a la conferencia Este. Llama la atención que solo Atlanta Hawks siga siendo eficiente en esta muestra de los equipos de la temporada 2014-2015, donde había 6 equipos eficientes. Los tres equipos eficientes están entre los 5 mejor clasificados según sus victorias y únicamente se cuelan entre estos Golden State Warriors de la temporada 2014-2015 y San Antonio Spurs de la temporada 2015-2016. Golden State Warriors y Cleveland Cavaliers que son los únicos equipos que son eficientes en ambas temporadas, se observa en la tabla 5 como sus números en la temporada 2015-2016 han sido más eficientes que en la temporada 2014-2015.

Posteriormente se analizó la fase de Playoffs para ambos años y diferenciando en conferencias los equipos, ya que durante esta fase se enfrentan por separado ambas conferencias, lo que crea un contexto diferente para ambas y crea la necesidad de analizarlas por separado. Desde el punto de vista del Análisis Envolvente de Datos se crea la necesidad de subdividir el análisis por conferencias, ya que el análisis busca combinaciones de inputs para generar esos outputs. Y dado que los equipos no se enfrentan entre conferencias, las combinaciones posibles a analizar son únicamente las de la conferencia donde se ubique el equipo a analizar, porque no tienen el mismo contexto ambas conferencias.

En la tabla 6 (conferencia Este) y tabla 7 (conferencia Oeste), se ven los resultados obtenidos para la fase de Playoffs de la temporada 2014-2015 diferenciados en conferencias, y con el número de victorias que consiguió cada equipo.

	Score	Victorias	{S} Tiros intentados	{S} Rebotes Of	{S} Rebotes Def	{S} Robos	{S} Tapones
Cleveland Cavaliers	100,00%	14					
Atlanta Hawks	91,31%	8	263,34	0	79,13	46,99	0
Chicago Bulls	75,00%	6	44,89	0	5,04	10,5	4,82
Washington Wizards	100,00%	6					
Brooklyn Nets	88,33%	2	159,12	11,68	66,83	16,08	0
Milwaukee Bucks	52,68%	2	42,41	3,46	0	16,24	2,93
Boston Celtics	0,00%	0	0,06	0,01	0,02	0	0
Toronto Raptors	0,00%	0	0,06	0,01	0,02	0,01	0

Tabla 6: Resultados de la eficiencia en los Playoffs para la temporada 2014-2015 de la conferencia Este.

Fuente: Elaboración propia.

Esta fase tiene sus características propias y por lo tanto, los resultados hay que tomarlos considerándolas. Los equipos se enfrentan según el puesto que han obtenido en la fase regular y la conferencia a la que pertenecen, además del factor campo, por lo que no todos los equipos disputan los mismos partidos ni contra los mismos rivales, ya que si pierden la primera fase solo podrían haber disputado un máximo de 7 partidos.

De cara al análisis también hay que tener en cuenta, que al tener que diferenciar en conferencias por las características de los Playoffs y la forma de emparejar a los equipos, hace que la muestra sea menor y por lo tanto, puede salir alguna unidad eficiente por falta de grados de libertad. Debido a que no pueda ser comparada linealmente con las demás, por lo que sería eficiente por defecto.

En la conferencia Este dos equipos son eficientes durante esta fase Cleveland Cavaliers y Washington Wizards. Llama la atención los casos particulares de Boston Celtics y Toronto Raptors que al no tener victorias en esta fase, tienen un ratio de eficiencia de 0%, ya que su output es cero.

Comparando con la tabla 3 que resume los resultados de la fase regular de la temporada 2014-2015, se ve como Cleveland Cavaliers mantiene la eficiencia en ambas fases, y por su lado Washington Wizards no lo es en la fase regular. Por lo que Cleveland Cavaliers es capaz de ser eficiente en ambas fases, que tienen diferentes tipos de competición. Cleveland Cavaliers es el único equipo que es eficiente en esta conferencia en ambas competiciones, por lo que está siendo superior en términos de eficiencia a todos sus rivales, ya sea en una competición del modo liguilla, como en una competición de eliminatorias. Esto indica que Cleveland Cavaliers tiene implantada la eficiencia. Cleveland Cavaliers también es el equipo que más victorias obtiene en esta fase, mientras que Washington Wizards es el cuarto clasificado. El coeficiente de

correlación es de 0.75, por lo que se ve la correlación entre resultados deportivos y eficiencia.

	Score	Victorias	{S} Tiros intentados	{S} Rebotes Of	{S} Rebotes Def	{S} Robos	{S} Tapones
Golden State Warriors	100,00%	16					
Houston Rockets	73,89%	9	51,89	0	35,21	10,42	0,65
Los Angeles Clippers	78,75%	7	160,83	0	73,06	21	11,64
Memphis Grizzlies	100,00%	6					
San Antonio Spurs	73,26%	3	105,65	14,51	43,95	0	1,49
Dallas Mavericks	32,83%	1	32,36	6,37	7,89	0	0
Portland Trail Blazers	61,76%	1	147,61	15,69	60,93	0	8,5
New Orleans Pelicans	0,00%	0	0,06	0,01	0,02	0,01	0

Tabla 7: Resultados del análisis DEA para la conferencia Oeste en la fase Playoffs de la temporada 2014-2015.

Fuente: Elaboración propia.

En la conferencia Oeste dos equipos fueron eficientes, Golden State Warriors y Memphis Grizzlies. New Orleans Pelicans tiene un ratio de eficiencia de 0%, dado que no ha conseguido ninguna victoria.

Comparando los dos equipos eficientes de esta fase con la tabla 3 de la fase regular, se ve como ambos han conseguido ser eficientes en las dos fases del campeonato. Consiguen mantener la eficiencia, aunque cambie a un formato de competición por eliminatorias. El coeficiente de correlación obtenido es de 0.73, lo que relaciona la eficiencia con los resultados deportivos.

La tabla 8 (conferencia Este) y la tabla 9 (conferencia Oeste) muestran los resultados del análisis DEA llevado a cabo para la fase Playoffs de la temporada 2015-2016.

	Score	Victorias	{S} Tiros intentados	{S} Rebotes Of	{S} Rebotes Def	{S} Robos	{S} Tapones
Cleveland Cavaliers	100,00%	16					
Toronto Raptors	76,20%	10	167,39	23,96	22,83	12,42	0
Miami Heat	93,83%	7	306,3	20,73	162,4	0	38,94
Atlanta Hawks	63,20%	4	106,71	0	52,74	6,65	25,78
Charlotte Hornets	84,37%	3	153,09	0	47,25	3,19	2,72
Indiana Pacers	65,92%	3	23,47	0	10,84	4,37	9,02
Boston Celtics	53,62%	2	73,31	6,19	28,17	0	9,79
Detroit Pistons	0,00%	0	0,06	0,01	0,02	0	0

Tabla 8: Resultados del análisis de la eficiencia para la conferencia Este dentro de la fase Playoffs de la temporada 2015-2016.

Fuente: Elaboración propia.

El único equipo que ha sido eficiente en esta fase en la conferencia Este es Cleveland Cavaliers; mientras que si miramos las holguras cabe destacar, que todos los demás equipos tienen holgura en las variables tiros intentados y rebotes defensivos. Comparando con la tabla 4 que recoge los resultados de la fase regular se observa, que

Cleveland Cavaliers ha conseguido ser eficiente en ambas fases, y el resto de equipos son ineficientes al igual que en la fase regular. Durante esta fase el coeficiente de correlación es de 0.70.

	Score	Victorias	{S} Tiros intentados	{S} Rebotes Of	{S} Rebotes Def	{S} Robos	{S} Tapones
Golden State Warriors	100,00%	15					
Oklahoma City Thunder	100,00%	11					
San Antonio Spurs	100,00%	6					
Portland Trail Blazers	100,00%	5					
Los Angeles Clippers	62,04%	2	0	0,25	7,7	5,55	0
Dallas Mavericks	71,67%	1	94,97	4,57	16,05	7,9	0
Houston Rockets	41,18%	1	0,97	5,32	0	4	0
Memphis Grizzlies	0,00%	0	0,06	0,01	0,02	0,01	0

Tabla 9: Resultados del análisis DEA para la conferencia Oeste dentro de la fase Playoffs de la temporada 2015-2016.

Fuente: Elaboración propia.

En esta fase por parte de la conferencia Oeste 4 equipos de los 8 que compiten en los Playoffs son eficientes. Que tantos equipos salgan eficientes puede deberse a problemas con los grados de libertad.

En las holguras se ve como todos los equipos tienen holguras en casi todas las variables, excepto en tapones.

Si se compara la tabla 9 con la tabla 4 se puede observar que únicamente Golden State Warriors es eficiente en ambas fases del campeonato durante la temporada 2015-2016, mientras que los otros tres equipos que son eficientes durante los Playoffs no lo fueron durante la fase regular. El coeficiente de correlación de esta fase es de 0.72.

## 5.2. Medición de los inputs

En el apartado anterior se ha llevado a cabo la medición de la eficiencia en los equipos de la NBA, para la fase de Playoffs y liga regular, también se ha calculado el coeficiente de correlación en cada uno de los análisis llevados a cabo, por lo que queda clara la relación existente entre eficiencia y éxito deportivo. Tanto las tablas que muestran los ratios de eficiencia y su clasificación por número de victorias, como los coeficientes de correlación vienen a indicar la relación entre eficiencia y resultados deportivos, que es lo que se pretendía en este trabajo.

Para realizar un análisis más exhaustivo y poder dar unas directrices a los equipos ineficientes para mejorar su eficiencia se han realizado los siguientes cálculos, que se



presentaran en forma de porcentaje y por separado para cada fase que ha sido objeto de análisis en el apartado 5.1.

Para medir los excesos, que ha realizado cada equipo en cada una de las variables de inputs, comparando con los equipos que han sido eficientes en cada una de las fases. Se han generado unas tablas comparativas, que servirán de guía para la mejora y progreso de cada uno de los equipos ineficientes. Para la obtención de estos valores óptimos para cada equipo y cada input, se crearon combinaciones lineales con los resultados obtenidos por los equipos eficientes y se generó para cada equipo la combinación lineal, que era necesaria por los equipos eficientes, para generar su output. Posteriormente se dividieron estos valores óptimos entre los valores reales obtenidos por cada equipo, quedando así el porcentaje de cada input que debería necesitar cada equipo ineficiente para obtener su output.

Para la temporada 2014-2015 en la fase regular, la tabla 10 muestra el porcentaje de cada variable según estos cálculos, que sería necesario para obtener el output, respecto de los valores reales de la temporada.

	{S} Tiros intentados {I}	{S} Rebotes Of# {I}	{S} Rebotes Def# {I}	{S} Robos {I}	{S} Tapones {I}
Atlanta Hawks	100%	100%	100%	100%	100%
Boston Celtics	68%	69%	72%	76%	86%
Brooklyn Nets	71%	74%	73%	74%	74%
Charlotte Hornets	65%	69%	66%	69%	54%
Chicago Bulls	100%	100%	100%	100%	100%
Cleveland Cavaliers	100%	100%	100%	100%	100%
Dallas Mavericks	85%	86%	89%	89%	89%
Denver Nuggets	51%	47%	54%	54%	54%
Detroit Pistons	54%	46%	57%	57%	57%
Golden State Warriors	100%	100%	100%	100%	100%
Houston Rockets	91%	72%	93%	88%	93%
Indiana Pacers	76%	77%	75%	77%	76%
Los Angeles Clippers	95%	98%	95%	98%	98%
Los Angeles Lakers	39%	38%	30%	39%	39%
Memphis Grizzlies	100%	100%	100%	100%	100%
Miami Heat	67%	68%	68%	68%	68%
Milwaukee Bucks	66%	57%	68%	62%	68%
Minnesota Timberwolves	29%	25%	32%	31%	32%
New Orleans Pelicans	82%	80%	86%	86%	77%
New York Knicks	30%	28%	32%	32%	32%
Oklahoma City Thunder	79%	69%	80%	80%	81%
Orlando Magic	45%	47%	45%	49%	50%
Philadelphia Sixers	28%	24%	30%	26%	27%
Phoenix Suns	64%	59%	66%	66%	66%
Portland Trail Blazers	100%	100%	100%	100%	100%
Sacramento Kings	57%	56%	54%	59%	59%
San Antonio Spurs	91%	94%	90%	94%	92%
Toronto Raptors	87%	87%	91%	91%	91%
Utah Jazz	67%	56%	66%	67%	62%
Washington Wizards	86%	86%	83%	86%	86%

Tabla 10: Porcentajes de cada variable necesarios para obtener el output. Temporada 2014-2015, fase regular.

Fuente: Elaboración propia.

Estos porcentajes muestran las reducciones que cada equipo debe realizar en cada variable para ser eficientes, según los outputs obtenidos, por ejemplo para el caso de Boston Celtics en la variable de tiros intentados, solo son necesarios el 68% de los tiros intentados que realizó durante esta temporada para obtener sus outputs.

Se puede observar cómo los equipos obtienen más o menos los mismos porcentajes en todas sus variables, lo cual es normal, pero hay algunos casos que cabe destacar. Además los equipos que han resultado eficientes durante esta fase obtienen una puntuación de 100% en todos sus inputs dado que no tienen que reducirlos, ya que ya son eficientes.

La variable tapones en Charlotte Hornets destaca sobre las demás, ya que deben reducirla en mayor medida, esto indica que los tapones que está realizando Charlotte Hornets no están siendo efectivos, ya sea porque el otro equipo coge el balón tras el tapón o por otros motivos. Por lo que Charlotte Hornets deberá centrarse en esta variable para mejorar su eficiencia, además del resto de variables donde tampoco es eficiente.

Houston Rockets debe centrarse en mejorar en la variable rebotes ofensivos, ya que no les saca el mismo partido que al resto de sus variables. Esto puede deberse a una sobrecarga del rebote, que imposibilita un lanzamiento liberado tras su captura. Realiza demasiados rebotes ofensivos para el output que ha obtenido.

Oklahoma City Thunders también debe centrarse en mejorar la variable rebotes ofensivos, al igual que Houston Rockets no está obteniendo los resultados esperados con esta variable, en comparación con las demás. Deberá trabajar en los entrenamientos sobre todo esta variable. Oklahoma City Thunders es el equipo que más rebotes ofensivos ha capturado esta temporada, pero sin embargo ocupa la 13ª posición en la tabla. Quizás deba concentrar sus contrataciones en jugadores que no tengan la característica de reboteadores, ya que tiene números excesivos en esta parcela del juego. En la tabla 11 se muestran los resultados obtenidos para la temporada 2015-2016 en la fase regular.

	{S} Tiros intentados {I}	{S} Rebotes Of# {I}	{S} Rebotes Def# {I}	{S} Robos {I}	{S} Tapones {I}
Golden State Warriors	100%	100%	100%	100%	100%
Oklahoma City Thunder	76%	57%	76%	86%	77%
Sacramento Kings	52%	52%	55%	43%	55%
Houston Rockets	59%	50%	65%	47%	65%
Boston Celtics	75%	71%	82%	61%	82%
Portland Trail Blazers	66%	58%	69%	75%	75%
Los Angeles Clippers	77%	83%	80%	71%	79%
Cleveland Cavaliers	100%	100%	100%	100%	100%
Washington Wizards	65%	76%	70%	55%	76%
San Antonio Spurs	97%	97%	97%	94%	94%
Charlotte Hornets	68%	73%	68%	76%	75%
Atlanta Hawks	68%	79%	71%	61%	68%
New Orleans Pelicans	48%	52%	50%	45%	52%
Toronto Raptors	82%	75%	84%	83%	84%
Minnesota Timberwolves	46%	45%	49%	42%	49%
Dallas Mavericks	70%	80%	71%	72%	80%
Indiana Pacers	69%	69%	71%	57%	71%
Orlando Magic	51%	50%	55%	49%	55%
Detroit Pistons	75%	66%	77%	74%	80%
Denver Nuggets	50%	45%	53%	52%	53%
Chicago Bulls	58%	52%	60%	81%	61%
Phoenix Suns	40%	37%	41%	35%	41%
Miami Heat	71%	67%	70%	82%	62%
Memphis Grizzlies	66%	60%	75%	55%	75%
Milwaukee Bucks	48%	43%	52%	46%	47%
Brooklyn Nets	35%	35%	38%	33%	38%
New York Knicks	46%	42%	47%	65%	47%
Utah Jazz	62%	53%	63%	60%	63%
Philadelphia Sixers	15%	15%	16%	14%	14%
Los Angeles Lakers	28%	27%	30%	28%	30%

Tabla 11: Porcentajes de cada variable necesarios para obtener el output. Temporada 2015-2016, fase regular.

Fuente: Elaboración propia.

En esta temporada Oklahoma City Thunders vuelve a tener problemas con la variable rebotes ofensivos como en la temporada pasada, ya que tiene menor rendimiento que el resto de sus inputs. En esta temporada vuelve a ser el equipo que más rebotes ofensivo captura y el segundo que más rebotes defensivos ha conseguido. Tiene un equipo con grandes reboteadores, pero no son tan buenos en otras parcelas del juego lo que les lastra en la clasificación.

Houston Rockets, que en la temporada pasada tenía problemas con los rebotes ofensivos, en la temporada 2015-2016 tiene además con un 47% la variable robos, por lo que se tendrá que centrar sobre todo en estas dos variables si quiere mejorar su eficiencia. Es el equipo que más robos consiguió en esta temporada con 821, siendo el segundo Boston Celtics con 752 robos. Deben revisar sus tácticas para sacarle partido a la superioridad que tienen en esta variable.

Boston Celtics en esta temporada al igual que Houston Rockets, tiene problemas de eficiencia sobre todo en la variable robos, en comparación con las demás variables.

Washington Wizards muestra problemas de eficiencia en el input robos al igual que los dos equipos anteriormente mencionados. Washington Wizards muestra un 55% en la variable robos, por lo que casi la mitad de sus robos no han sido efectivos para conseguir victorias, que es el output deseado. Deberá entrenar como sacar más partido a estos robos.

Indiana Pacers con un 57% en la variable robos, comparativamente con el resto de sus inputs es la peor y debería Indiana Pacers hacer hincapié en esta variable para mejorar su eficiencia.

Al revés que los últimos equipos que se han destacado por su mal rendimiento en la variable robos, también hay varios equipos que destacan por esta variable, como son Chicago Bulls, Miami Heat y New York Knicks; todos ellos tienen un rendimiento superior en esta variable. Estos tres equipos junto con el equipo eficiente Cleveland Cavaliers son los equipos que menos robos han realizado, lo que puede estar indicando una tecnología que están desarrollando estos equipos con éxito en esta variable.

Para la fase de Playoffs también se han realizado los cálculos, en las tablas 12 y 13, están los resultados obtenidos para la temporada 2014-2015 en esta fase.

	{S} Tiros intentados {I}	{S} Rebotes Of# {I}	{S} Rebotes Def# {I}	{S} Robos {I}	{S} Tapones {I}
Atlanta Hawks	72%	92%	77%	57%	92%
Cleveland Cavaliers	100%	100%	100%	100%	100%
Chicago Bulls	71%	75%	74%	63%	69%
Toronto Raptors	0%	0%	0%	0%	0%
Washington Wizards	100%	100%	100%	100%	100%
Milwaukee Bucks	44%	47%	52%	27%	44%
Boston Celtics	0%	0%	0%	0%	0%
Brooklyn Nets	56%	67%	56%	52%	87%

Tabla 12: Porcentajes de cada variable necesarios para obtener el output. Temporada 2014-2015, fase Playoffs (conferencia Este)

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se aprecian los 8 equipos de la conferencia Este, que formaron parte de los playoffs el año 2014-2015. Dentro de las variables de cada equipo, cabe destacar algunas.

Atlanta Hawks se mostró muy eficiente en rebotes ofensivos y tapones, mientras que en la variable robos tiene que centrarse para mejorarla, ya que perdió gran eficiencia en esta variable. Si se compara con la tabla 10, donde se recoge los datos de la fase regular, Atlanta Hawks era un equipo eficiente durante la fase regular, mientras que durante esta

fase no lo fue en gran medida por la variable robos. Atlanta Hawks obtuvo más robos que Cleveland Cavaliers que es el equipo eficiente y que obtiene mayor output, ya se resaltó en la fase regular que Cleveland Cavaliers suele realizar pocos robos debido a su estilo de juego o tecnología.

Milwaukee Bucks tiene todos sus inputs con los mismos porcentajes a excepción del input robos, que está muy por debajo de los demás. Siendo únicamente un 27% de ellos, los que necesitaría para producir sus outputs, según los equipos eficientes.

De Brooklyn Nets cabría destacar la eficiencia que ha conseguido en sus tapones con un 87% en relación con las demás variables, esto se explica ya que solo ha realizado 20 tapones.

Boston Celtics aparece con todo 0% en sus variables, ya que su output en esta fase fue 0. La fase de los Playoffs puede arrojar estos resultados dado que es una fase de eliminatorias.

	{S} Tiros intentados {I}	{S} Rebotes Of# {I}	{S} Rebotes Def# {I}	{S} Robos {I}	{S} Tapones {I}
Golden State Warriors	100%	100%	100%	100%	100%
Houston Rockets	70%	74%	68%	66%	73%
Los Angeles Clippers	66%	79%	64%	62%	65%
Portland Trail Blazers	25%	29%	25%	59%	28%
Memphis Grizzlies	100%	100%	100%	100%	100%
San Antonio Spurs	56%	56%	56%	74%	70%
Dallas Mavericks	25%	23%	28%	32%	32%
New Orleans Pelicans	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla 13: Porcentajes de cada variable necesarios para obtener el output. Temporada 2014-2015, fase Playoffs (conferencia Oeste)

Fuente: Elaboración propia.

Durante esta fase Los Angeles Clippers fueron muy eficientes en rebotes ofensivos a diferencia del resto de variables, donde obtuvieron peores resultados de eficiencia, por lo que deberían centrarse en el resto de variables, para aumentar la eficiencia final y mejorar su output. Deberían trabajar más los movimientos defensivos y los tiros a canasta durante los entrenamientos.

Portland Trail Blazers también tiene una variable que destaca sobre las demás con un 59%, mientras que las demás están entre un 20% y un 30%. Esto se explica dado que Portland Trail Blazers solo realizó 17 robos, fue el equipo con menos robos, lo que hace que salga mejor parado en esta variable que en el resto.

San Antonio Spurs obtiene sus peores resultados de eficiencia en las variables tiros intentados, rebotes ofensivos y rebotes defensivos. En todas ellas obtiene un 56%, mientras que en las otras dos restantes está por encima del 70%. Debe centrarse en las

tres variables mencionadas para mejorar su eficiencia durante esta fase. Debe por lo tanto, mejorar sus porcentajes de tiros a canasta y entrenar jugadas que logren sacar partido a la gran cantidad de rebotes que obtienen.

New Orleans Pelicans tiene un 0% en todas sus variables por lo mismo que anteriormente Boston Celtics, ya que no obtuvo ninguna victoria durante esta fase.

En las tablas 14 y 15 se muestran los resultados obtenidos por los equipos durante la fase de Playoffs en la temporada 2015-2016, separados por conferencias.

	{S} Tiros intentados {I}	{S} Rebotes Of# {I}	{S} Rebotes Def# {I}	{S} Robos {I}	{S} Tapones {I}
Cleveland Cavaliers	100%	100%	100%	100%	100%
Toronto Raptors	65%	65%	72%	67%	76%
Miami Heat	67%	78%	61%	94%	47%
Atlanta Hawks	51%	63%	48%	54%	29%
Boston Celtics	38%	42%	39%	51%	27%
Charlotte Hornets	58%	86%	62%	77%	74%
Indiana Pacers	62%	67%	62%	58%	43%
Detroit Pistons	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla 14: Porcentajes de cada variable necesarios para obtener el output. Temporada 2015-2016, fase Playoffs (conferencia Este)

Fuente: Elaboración propia.

Durante esta fase Miami Heat fue muy eficiente en robos con un 94% de ellos necesarios para conseguir el output. Mientras que fue muy ineficiente en la variable tapones, por lo que debería centrarse en mejorar esta variable para aumentar su eficiencia.

Atlanta Hawks y Boston Celtics también pierden gran parte de su eficiencia por los tapones, ya que es la variable que obtiene peores resultados en ambos equipos en comparación con sus otras variables, en ambos equipos no pasa del 30% la variable tapones.

Indiana Pacers obtiene sus peores resultados con diferencia en la variable tapones, por lo que deberá centrarse en esta variable si quiere mejorar su eficiencia, y por tanto, sus resultados finales.

La variable tapones en esta fase ha dado malos resultados a muchos de los equipos esto tiene que ver con que la unidad de referencia es Cleveland Cavaliers, ya que solo realizaron 89 tapones en todos los Playoffs y obtuvieron un mayor output, lo que nos indica una tecnología, que está utilizando Cleveland Cavaliers, que podría ser muy interesante de imitar por el resto de equipos en esta fase.

Charlotte Hornets llama la atención la diferencia que tiene entre tiros intentados con un 58% y rebotes ofensivos con un 86%, por los resultados obtenidos debería mejorar las

posiciones de tiro y entrenar más los tiros a canasta, ya que en esta variable están obteniendo peores resultados que en todas las demás.

Detroit Pistons tiene en todas sus variables un 0%, ya que no ha obtenido victorias durante esta fase, siendo estas el output deseado.

	{S} Tiros intentados {I}	{S} Rebotes Of# {I}	{S} Rebotes Def# {I}	{S} Robos {I}	{S} Taponos {I}
Golden State Warriors	100%	100%	100%	100%	100%
San Antonio Spurs	100%	100%	100%	100%	100%
Oklahoma City Thunder	100%	100%	100%	100%	100%
Los Angeles Clippers	63%	63%	59%	52%	64%
Portland Trail Blazers	100%	100%	100%	100%	100%
Dallas Mavericks	48%	62%	59%	45%	72%
Houston Rockets	39%	33%	40%	30%	39%
Memphis Grizzlies	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla 15: Porcentajes de cada variable necesarios para obtener el output. Temporada 2015-2016, fase Playoffs (conferencia Oeste)

Fuente: Elaboración propia.

Para esta fase en la conferencia Oeste se produce la peculiaridad de que 4 de los equipos son eficientes, y además Memphis Grizzlies no ha obtenido ninguna victoria, por lo que su output es 0.

Los Angeles Clippers, que en la fase de Playoffs del año 2014-2015 obtuvo un porcentaje más alto en rebotes ofensivos con un 79%, en esta temporada obtienen únicamente un 63%, igualándose esta variable con el resto. Puede deberse a las peculiaridades o emparejamientos de los Playoffs de 2014-2015 con respecto a los de 2015-2016.

Dallas Mavericks, que también formo parte de los Playoffs de la temporada 2014-2015, obtiene esta temporada mejores resultados en sus variables. Pero debe seguir mejorando sobre todo en tiros intentados y robos, que son las dos únicas variables donde aún no llega al 50%.

Con estos datos se puede ver como Golden State Warriors y Cleveland Cavaliers son los equipos punteros y más eficientes de la NBA, además de que cada uno de ellos usa una tecnología diferente. Ya que Golden State Warriors basa su juego en su superioridad individual de cada jugador porque utiliza más inputs que los demás, pero a su vez consigue los mejores outputs. Mientras que Cleveland Cavaliers para la posición que ocupa en la tabla clasificatoria no utiliza muchos inputs, lo que indica que sabe sacar mucho partido a cada una de las jugadas, el único input que tiene más elevado son los rebotes ofensivos. Son dos maneras diferentes de ser eficientes y superar a sus rivales.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

En el trabajo expuesto se ha realizado el análisis de la liga de baloncesto más importante del mundo, la NBA. El objetivo principal del trabajo es calcular la eficiencia de los equipos de la NBA en las dos últimas temporadas y su relación con el resultado deportivo, para ello se ha hecho uso de la metodología DEA y se han recopilado datos tanto de inputs como de outputs.

Para la realización de todos estos cálculos, se ha utilizado el análisis DEA radial con orientación a la minimización de los inputs y con unos rendimientos constantes a escala. En concreto se ha utilizado un modelo DEA-CCR, donde el objetivo es minimizar los inputs dados unos outputs. En cuanto a las variables que se han considerado como outputs y como inputs, en ambas fases se han considerado las mismas, ya que el éxito deportivo en ambas se obtiene a través de las victorias, y para ello, se utilizan los mismos inputs. En concreto, los inputs seleccionados para ambas fases son los tiros intentados, rebotes ofensivos, rebotes defensivos, robos y tapones. Para los inputs se han tenido en cuenta las jugadas tanto ofensivas, como defensivas. Los outputs seleccionados para ambas fases son los partidos ganados, dado que la clasificación de la NBA se distribuye según el balance victoria-derrota (no se puede empatar en baloncesto), y en la fase de Playoffs se juegan eliminatorias a 7 partidos.

Dentro del trabajo han sido objeto de análisis los 30 equipos que conforman la NBA. Se ha tenido en cuenta el formato de dicha liga, donde hay dos fases de competición. La fase regular donde cada equipo juega un total de 82 partidos y la fase de los Playoffs, que es una fase de eliminatorias al mejor de 7 partidos. Se analizaron la temporada 2014-2015 y 2015-2016, teniendo en cuenta que por la peculiaridad que presenta de formato los Playoffs, se separaron en conferencias los equipos durante esta fase para su análisis. Con los datos se creó una muestra conjunta de ambas temporadas, con la que se buscaba aumentar el número de unidades analizadas y así mejorar el análisis.

Dentro de los resultados obtenidos, los ratios de eficiencia varían de la temporada 2014-2015 a la 2015-2016, además de que los únicos equipos que consiguen mantenerse eficientes en ambas temporadas son Golden State Warriors y Cleveland Cavaliers. Golden State Warriors en la clasificación de la fase regular se ve cómo ha obtenido en ambas temporadas la primera posición, mientras que Cleveland Cavaliers fue séptimo



en la 2014-2015 y tercero en la 2015-2016. En la muestra que se realizó conjunta de ambas temporadas de la fase regular, también son los dos equipos eficientes, siendo primero y quinto en la clasificación Golden State Warriors 15-16 y Cleveland Cavaliers 15-16 respectivamente. También Atlanta Hawks es eficiente para esta muestra.

En la fase de Playoffs se obtiene la misma conclusión, ya que únicamente Golden State Warriors y Cleveland Cavaliers son eficientes en ambas ediciones. También cabe destacar que son los dos equipos, que llegaron a la final en ambas ediciones de los Playoffs, siendo campeón en la temporada 2014-2015 Golden State Warriors y en la temporada 2015-2016 Cleveland Cavaliers.

Se realizó posteriormente un análisis más detallado de los inputs, para realizar recomendaciones a los equipos y ver dónde podían mejorar los equipos su eficiencia. Se llevó a cabo los cálculos para saber la cantidad de cada input que era necesaria según los equipos eficientes, y se comparó con los datos reales, para ver en qué porcentaje se tenía que reducir cada uno de ellos.

En el análisis realizado sobre los inputs para cada equipo y en cada una de las fases analizadas, se han comentado las propuestas de mejora a los equipos, que obtenían unos resultados muy negativos en alguna de sus variables, ya que deben centrar su trabajo en los entrenamientos y contrataciones en esta variable.

En conclusión, tras la medición de la eficiencia durante las temporadas 2014-2015 y 2015-2016, en ambas fases del campeonato de la NBA, se destaca que los únicos equipos eficientes en todos los análisis, y por tanto que tienen superioridad en términos de eficiencia sobre los demás por su tecnología son Golden State Warriors y Cleveland Cavaliers. Durante las temporadas analizadas fueron los finalistas de los Playoffs, obteniendo el campeonato una vez cada uno de los equipos. Aunque no se analiza en el trabajo la temporada 2016-2017, la final de los Playoffs volvió a ser Golden State Warriors contra Cleveland Cavaliers, con victoria de Golden State Warriors. Viendo estos resultados se puede ver una relación entre eficiencia y éxito deportivo muy clara, además de dos tecnologías muy diferentes entre Golden State Warriors y Cleveland Cavaliers, pero que están siendo superiores a todos sus rivales.

## 7. BIBLIOGRAFIA:

- Álvarez Pinilla, A. (2001). *La medición de la eficiencia y la productividad*. Ed. Pirámide. Madrid.
- Barros, C., Leach, S. (2006). Performance evaluation of the English premier football league with data envelopment analysis. *Applied Economics*, 38(12), 1449-1458.
- Bonilla, M., Medal, A., Casaus, T., Sala, R. (2002). The traffic in Spanish ports: An efficiency analysis. *International Journal of Transport Economics*, 29 (2), 215-230.
- Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429 – 444.
- Chen, H.-T., Chen, H.-S., Hsiao, M.-H., Tsai, W.-J., Lee, S.-Y. (2010). A trajectory-based ball tracking framework with visual enrichment for broadcast baseball videos. *Journal of Information Science and Engineering*, 24 (1), 143-157.
- Cooper, W.W., Ruiz, J.L., Sirvent, I. (2009). Selecting non-zero weights to evaluate effectiveness of basketball players with DEA. *European Journal of Operational Research*, 195 (2), 563-574.
- Espitia-Escuer, M., Garcia-Cebrián, L. (2004). Measuring the efficiency of Spanish first division soccer teams. *Journal of Sports Economics*, 5(4), 329-46.
- Estadísticas NBA. Diario AS.  
Disponibile en: <http://es.global.nba.com/statistics/teamstats/>
- Farrell MJ. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Association*, 120, 253 – 281.
- Fuentes Pascual, R. (2011). Técnicas econométricas en detalle. El análisis envolvente de datos. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19658/1/Materiales.Teoría.Bloque.III.d oc>
- Haas, D., Kocher, M., Sutter, M. (2004). Measuring efficiency of German football teams by data envelopment analysis. *Central European Journal of Operations Research*, 12, 251-68.

- Mar Molinero, C., Portillo, F. (2015). Análisis Envolvente de Datos. Modelos y Aplicaciones. (*Mimeo*)
- Medal, A., Sala, R. (2011). *Efficiency analysis in the Spanish Port System: Framework, Evolution and Perspectives*. Ed. Fundación Valencia Port. Valencia.
- Papahristodoulou, C. (2007). Team performance in UEFA champions league 2005-06, MPRA Paper 138.
- Ribeiro, A.S., Lima, F. (2012). Portuguese football league efficiency and players' wages. *Applied Economics Letters*, 19 (6), 599-602.
- Ruiz, J.L., Pastor, D., Pastor, J.T. (2013). Assessing Professional Tennis Players Using Data Envelopment Analysis (DEA). *Journal of Sports Economics*, 14 (3), 276-302.
- Toloo, M. (2013). The most efficient unit without explicit inputs: An extended MILP-DEA model. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 46 (9), 3628-3634.
- Volz, B. (2009). Minority status and managerial survival in Major League Baseball. *Journal of Sports Economics*, 10 (5), 522-542.
- Yang, C.-H., Lin, H.-Y., Chen, C.-P. (2014). Measuring the efficiency of NBA teams: Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. *Annals of Operations Research*, 217 (1), 565-589.